

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chemie



Preference sladidel u konzumentů v ČR

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Lenka Trnková

Obor studia: Výživa a potraviny

Vedoucí práce: Ing. Matyáš Orsák, Ph.D.

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Preference sladidel u konzumentů v ČR" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Matyáši Orsákovi, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce, za vstřícnost, milé jednání a cenné připomínky. Mé poděkování také patří rodině za podporu během mého studia.

Preference sladidel u konzumentů v ČR

Souhrn

Sladká chuť je jedna z nejdůležitějších aspektů sladidel. Sladivost je měřena ke vztahu k sacharóze. Sacharóza přispívá k energetické hodnotě potravin a poskytuje příjemnou sladkou chuť. Zatímco u nízko- a nekalorických sladidel se klade důraz na snížení energetické hodnoty a většina z nich vykazuje nepříjemnou pachůť.

Sladidla se rozdělují na intenzivní a objemová. Intenzivní sladidla jsou prakticky bez energetické hodnoty a lze je dále rozdělit na sladidla pocházející z přírodních zdrojů a sladidla syntetická. Mezi objemová sladidla patří polyoly, které jsou podobně sladké jako sacharóza, ale mají zhruba o třetinu méně energie. Sladidla jsou používána zejména v potravinářském, farmaceutickém a kosmetickém průmyslu. Sladidla jsou konzumována převážně diabetiky, jako stolní sladidla.

Byla zjišťována preference nízko- a nekalorických sladidel a potravin s jejich obsahem u různých skupin konzumentů v České republice, včetně průzkumu trhu. Pomocí sensorické analýzy bylo provedeno ověření preference pěti nejčastějších sladidel.

Bylo zjištěno, že nízko- a nekalorická sladidla byla preferována méně než sacharóza. Nejvíce byla preferovaná přírodní stolní sladidla ve formě tablet a nealkoholické nápoje s jejich obsahem. Nejpreferovanějším nízko- a nekalorickým sladidlem v nápojích, potravinách a jako stolní sladidlo byla vybrána stévie, ale mezi nejznámější sladidla patřil sacharin, poté steviolglykosidy, aspartam a sukralóza. Hlavním důvodem konzumování nízko- a nekalorických sladidel byly uvedeny zdravotní problémy (diabetes mellitus). Z průzkumu trhu vyplývá, že nejlépe dostupné bylo umělé stolní sladidlo ve formě tablet na bázi cyklamátu sodného a sacharinu sodného. V sensorické analýze bylo potvrzeno, že nejchutnějším vzorkem byla sacharóza a nejméně chutným sladidlem byl sacharin.

Všechny přídatné látky, včetně sladidel, musí být před uvedením na trh posouzeny z hlediska jejich bezpečnosti. Jakmile jsou sladidla schválena, obdrží hodnotu ADI. Pokud je hodnota ADI neboli akceptovatelný denní příjem dodržován, lze sladidla považovat za bezpečnou náhražku cukru. Nahrazením cukru nízko- a nekalorických sladidel je však doporučováno pouze osobám trpící diabetem, jelikož nezvyšují hladinu glukózy v krvi a nabízí bezpečnou alternativu k přírodním cukrům. Nízko- a nekalorická sladidla lze v přiměřeném množství zařadit do stravy, avšak pokud netrpíme onemocněním diabetes mellitus, není důvod jej

konzumovat. Zejména pak umělá sladidla, jelikož se jedná o látky chemického původu, které nejsou tělu vlastní.

Klíčová slova: aditiva, alergie, diabetes, E-kódy, sacharin, aspartam, sukralosa

Preference of sweeteners to consumers in the Czech Republic

Summary

Sweet taste is one of the most important aspects of sweeteners. Sweetness is analysed as a relation to sucrose. Sucrose contributes to energy value of food and gives a nice sweet taste. Low- and non-caloric sweeteners are the most important elements to reduce energetic value and they can have a lot of unpleasant aftertaste.

Sweeteners are divided into intensive and voluminous. Intensive sweeteners are virtually energy free and can be further divided into sweeteners derived from natural sources and synthetic sweeteners. Volume sweeteners belong to polyols, they are similarly sweet like sucrose but they have almost one third less energy. Sweeteners are mostly used in food, pharmaceutical and cosmetic industry. Sweeteners are used mostly by diabetics, such as table sweeteners.

The preferences of low- and non-caloric sweeteners and victuals have been analysed within various groups of consumers in the Czech Republic, including market research. Sensory analysis has been examined to verify the preference of five most common sweeteners.

It was discovered that the low- and non-caloric sweeteners were less preferred than sucrose. The most ideal sweeteners are the natural table sweeteners like tablets and non-alcoholic drinks. The most preferred low- and non-caloric sweetener in drinks, food and table sweeteners is stevia, however, the most popular sweetener is saccharin, then steviol-glycosides, aspartame and sucralose. The main reason for eating low and non-caloric sweeteners are mainly health problems (diabetes mellitus). The market research results stated that the best available sweetener was artificial table sweetener in the tablet's form, based on sodium cyclamate and sodium saccharin. In sensory analysis was confirmed that the tastiest example was sucrose and the least tasty sweetener has been saccharin.

All additives, including sweeteners, must be considered in terms of their safety before they are presented. Once they are approved, they received ADI. If ADI or acceptable daily intake fulfilled, sweeteners can be considered as a safe substitute for sugar. However, substituting sugar for low- and non-caloric sweeteners is only recommended for people with diabetes because it does not increase the blood glucose and it offers a safe alternative to natural sugars. Low- and noncaloric sweeteners can be (in reasonable quantities) supplemented as a part of normal diet, however if we are not having diabetes mellitus, there is

no reason of using them. In terms of the artificial sweeteners, they are substances of chemical origin, which are not inherent within our body.

Whether, sweeteners are considered as a good alternative to sugar is very controversial. There were a lot of studies, that have been focus on their safe usage. It has been examined to realise whether it is a suitable additive to reduce body weight or if it has other health risks. Studies show that artificial sweeteners and sucrose can be the reason of health problems like overweight, cardiovascular disease and type 2 diabetes mellitus.

Keywords: additives, allergy, diabetes, E-codes, saccharin, aspartame, sucralose

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce	2
3	Literární rešerše	3
3.1	Sladká chuť	3
3.2	Cukr	4
3.3	Sladidla	5
3.4	Sladidla vs. cukr	8
3.5	Historie sladidel	9
3.6	Rozdělení sladidel	9
3.6.1	Nízko- a neenergetická sladidla (intenzivní)	9
3.6.1.1	Aspartam	10
3.6.1.2	Sukralóza	12
3.6.1.3	Cyklamát	13
3.6.1.4	Neotam	14
3.6.1.5	Advantam	15
3.6.1.6	Sacharin a jeho Na, K, Ca soli	16
3.6.1.7	Acesulfam K	17
3.6.1.8	Steviol-glykosidy (stévie)	18
3.6.1.9	Neohesperidin dihydrochalkon	19
3.6.1.10	Thaumatococcus	21
3.6.1.11	Erythritol	22
3.6.2	Energetická sladidla (objemová)	23
3.6.2.1	Sorbitol	25
3.6.2.2	Mannitol	26
3.6.2.3	Isomalt	27
3.6.2.4	Maltitol	28
3.6.2.5	Xylitol	29
3.6.2.6	Laktitol	30
3.7	Intenzivní sladidla vs. objemová sladidla	31
3.8	Využití sladidel	33
3.8.1	Sladidla a jejich využití v nápojích	33
3.8.2	Kombinace sladidel v nápojích	33

3.8.3	Sladidla vs. cukr v nápojích	33
3.9	Vhodnost sladidel	34
3.9.1	Nadváha a obezita aneb redukuje sladidla váhu	35
3.9.2	Kariogenita	37
3.9.3	Střevní mikrobiota	37
3.9.4	Diabetes mellitus	38
3.9.4.1	Glukózová intolerance	39
4	Praktická část	40
4.1	Materiál a metody	40
4.1.1	Metodika dotazníkového šetření	40
4.1.1.1	Tvorba dotazníku	40
4.1.1.2	Technika sběru dat	40
4.1.1.3	Profil respondentů	41
4.1.2	Metodika sensorické analýzy	41
5	Výsledky	43
5.1	Výsledky dotazníkového šetření	43
5.1.1	Identifikační otázky	43
5.1.2	Stolní sladidla	46
5.1.3	Potraviny obsahující sladidla	50
5.2	Průzkum trhu	57
5.3	Výsledky sensorické analýzy	58
5.3.1	Výsledky pořadového testu	58
5.3.2	Výsledky sensorického posuzování sladidel profilovou metodou	62
6	Diskuze	66
6.1	Dotazníkové šetření	66
6.2	Průzkum trhu	68
6.3	Sensorická analýza	68
7	Závěr	71
8	Seznam použité literatury	72
9	Samostatné přílohy	84
10	Seznam tabulek	92
11	Seznam grafů	93

12 Seznam příloh.....	94
------------------------------	-----------

1 Úvod

Cukr je složkou lidské stravy již od nepaměti. Avšak jeho zvýšená konzumace bývá spojována s řadou nepříznivých účinků na lidské zdraví, jelikož dlouhodobý příjem cukru přispívá například k nárůstu tělesné hmotnosti, hyperglykémii nebo také k onemocnění diabetes mellitus. Z důvodu nadměrného příjmu cukru byla snaha vyvinout strategii, jak jeho spotřebu snížit.

Jako alternativa cukru vznikla nízko- a nekalorická sladidla, která neposkytují žádné množství kalorií (nebo pouze minimální). Jedná se o potravinářsky přídatné látky, které jsou označovány E-kódem. Nízko- a nekalorická sladidla mohou být intenzivní nebo objemová. Mezi objemová sladidla patří polyalkoholy. Intenzivní se mohou dále dělit na přírodní a syntetická. A právě syntetická sladidla bývají často zpochybňována z hlediska bezpečnosti. Existuje velké množství studií, které zkoumaly jednotlivá sladidla a jejich nežádoucí účinky na veškerou populaci lidí. U sladidel bylo potvrzeno, že nedochází k závažným zdravotním problémům při dodržování hodnoty ADI, a proto byly schváleny jako potravinářsky přídatné látky.

Zdá se, že sladidla jsou díky své nulové energii vhodnější alternativou k cukru. Avšak na základě novějších výzkumů nejsou dobrým prostředkem pro redukci tělesné hmotnosti, dokonce v některých studiích, došlo ke zvýšení tělesné hmotnosti po jejich užívání. I přesto, že jsou schváleny, existuje mnoho studií, u kterých byly prokázány i jiné nežádoucí účinky. Veškeré studie týkající se bezpečnosti sladidel na lidské zdraví jsou uvedeny v mé diplomové práci. Swithers (2015) uvádí, že nápoje slazené umělými sladidly mohou být považovány za lepší alternativu než nápoje slazené cukrem, ale neznamená to, že jsou zdravější.

Nízko- a nekalorická sladidla lze v přiměřeném množství do stravy zařadit, avšak pokud netrpíme onemocněním diabetes mellitus, není důvod jej konzumovat. Zejména pak umělá sladidla, jelikož se jedná o syntetické látky, které nejsou tělu vlastní.

2 Cíl práce

Hlavním cílem diplomové práce je zpracování literární rešerše a formou dotazníku zjistit preferenci nízko- a nekalorických sladidel a potravin s jejich obsahem u různých skupin konzumentů v České republice, včetně průzkumu trhu nízko- a neenergetických sladidel. Dále pomocí sensorické analýzy ověřit z vybraných sladidel preferenci u konzumentů ČR.

Hypotézy:

1. V ČR jsou nízkokalorická sladidla pouze okrajovou alternativou klasických sladidel.
2. Nízkokalorická sladidla jsou přednostně preferována pouze u konzumentů se zdravotním problémem (diabetes).
3. Všechna na trhu používaná sladidla jsou bezpečná a schválená JECFA.

3 Literární rešerše

3.1 Sladká chuť

Sladká chuť je jedna z vrozených lidských vlastností, která je typická pro všechny věkové kategorie, rasy a kultury. Během evoluce hrála sladká chuť důležitou roli pro lidskou výživu a poskytovala nezbytné živiny a energii. Vývoj sladké chutě začíná už v děloze a pokračuje po celý život. Již kojeneček poznává sladkou chuť, která je typická pro kojenecké mléko. Proto dítě preferuje chuť na sladké po celé dětství, kdy dosáhne svého maxima a k snížení této chuti dochází během dospívání (Garavaglia et al. 2018).

Goel et al. (2018) uvádí, že sladká chuť vzniká interakcí molekul s chuťovými receptorovými buňkami, známé jako receptory spřažené s G - proteinem (GPCR). Jakmile se molekula spojí s receptorem signalizující G - protein, protein projde některými konformačními změnami. Poté následuje kaskáda transdukčních procesů zahrnující G - protein a cyklický AMP, což vytváří příjemný pocit sladké chuti. Nedávné poznatky identifikovaly receptor T1R1/T1R3, jako pravděpodobnou možnost vzniku sladké chutě. Krystalová struktura těchto receptorů prozatím nebyla identifikována, ačkoliv existují určité teorie vysvětlující vztah mezi strukturou a sladké chuti. První teorii sladkosti navrhly Shallenberger a Acree v roce 1969. Další pokus o teorii sladké chutě navrhl Kier v roce 1972. Avšak nejrozvinutější teorie je MPA teorie, navrhnutá Tinti, Nofre a Peytavi v roce 1982. Tato teorie zahrnuje osm interakčních míst mezi sladidlem a receptorem sladké chuti, i když ne všechna sladidla interagují se všemi osmi místy. Jelikož teorie struktury a sladké chuti není zcela stanovena, je vhodné získat informace o interakci sladidel s receptory studiem molekul se sladkými chuťovými vlastnostmi a stanovením molekulárních vlastností, které jsou zodpovědné za sladkou chuť. Ideálním způsobem jsou experimentální techniky nebo molekulární modelování, ale kvůli časové náročnosti a výpočetní kapacitě je doporučováno použití metody zvané QSAR (Goel et al. 2018).

Sladká chuť je tedy jedna z nejdůležitějších aspektů sladidel. Sladivost je měřena ke vztahu k sacharóze, kdy stupeň sladivosti sacharózy je 1. Aby mohla být vnímaná intenzita sladké chuti, musí být látka nejdříve rozpuštěna ve slinách a poté přijít do kontaktu s receptory, které jsou přítomny na jazyku. V Tabulce č. 1 je uvedena relativní sladivost jednotlivých sladidel, kde jsou porovnávány sladivosti jednotlivých sladidel k sacharóze (Carocho et al. 2017).

Tabulka č. 1: Relativní sladivost jednotlivých sladidel

Sladidla	Relativní sladivost
Advantam	37 000 ^a
Neotam	7000 – 13000 ^a
Thaumatococin	3000 ^c
Neohesperidin DC	1500 – 2000 ^a
Sukralóza	400 – 800 ^a
Sacharin	240 – 300 ^a
Steviosid	200 – 300 ^b
Aspartam	200 ^a
Acesulfam K	150 – 200 ^a
Cyklamát	30 – 80 ^a
Sacharóza	1 ^a
Xylitol	1 ^a
Maltitol	0,75 ^a
Erythritol	0,7 ^a
Mannitol	0,6 ^a
Sorbitol	0,6 ^a
Isomalt	0,55 ^a
Laktitol	0,35 ^a

Zdroj: ^aCarocho et al. 2017; ^b Carbonell-Capella et al. 2015; ^c Acevedo et al. 2018

3.2 Cukr

Na základě vyhlášky č. 76/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony se pod pojmem cukr rozumí vyčištěná krystalizovaná sacharóza upravená zejména do krystalů, moučky, homolí, kostek, popřípadě doplněná přídatnými látkami, látkami určenými k aromatizaci nebo kořením (Vyhláška č. 76/2003 Sb. 2003). Cukr je tedy legislativním a obchodním termínem pro sacharózu (Čopíková et al. 2006).

Sacharóza má rozsáhlou historii, avšak její hlavní rozvoj nastal díky pěstování třtiny (*Saccharum officinarum L.*) v Americe, z níž se do Evropy dovážel převážně jako surový cukr, který zde byl dále rafinován. V období napoleonských válek se v Evropě rozšířilo

pěstování cukrové řepy (*Beta vulgaris L.*), a tím se začala sacharóza vyrábět z řepy po celé Evropě (Čopíková et al. 2006).

Sacharóza je důležitou potravinářskou a průmyslovou surovinou a také potravinou. Sacharóza poskytuje potravinám příjemnou sladkou chuť a přispívá k jejich energetické hodnotě. Při potravinářských či jiných kulinářských procesech podléhá hydrolyze, karamelizaci a Maillardově reakci. Produkty těchto reakcí přispívají k chuti, vůni a dále barvě potravin (Čopíková et al. 2006).

Roční výroba cukru je kolem 144 milionů tun. Spotřeba cukru bílého ve vyspělých zemích se pohybuje od 30 – 50 kg na osobu za rok. V České republice je spotřeba kolem 40 kg na osobu za rok (Čopíková et al. 2006). Současné americké odhady ukázaly, že spotřeba přidaných cukrů činí 15,9 % (60 g / den) energie ve stravě dětí ve věku 2 – 5 let a 18,6 % (90 g / den) energie ve stravě dětí od 6 – 11 let. Většina tohoto cukru byla získána nápoji. Spotřeba přidaného cukru se během dospívání snižuje (Drewnowski et al. 2012).

3.3 Sladidla

Jedná se o přídavné látky se sladkou chutí obsahující méně kalorií než cukr (Clifford & Maloney 2016). Sladidla jsou látky, které udělují potravinám nebo stolním sladidlům sladkou chuť. Mají rozsáhlé možnosti využití. Slouží k nahrazení cukrů pro produkci potravin se sníženým energetickým obsahem, pro potraviny chránící před zubním kazem nebo pro potraviny bez přidaných cukrů. Také zvyšují trvanlivost potravin a užívají se k produkci potravin určených pro zvláštní výživu (Nařízení č. 1333/2008). V současné době se sladidla používají nejen v potravinářském, ale také ve farmaceutickém průmyslu (Garavaglia et al. 2018). V Tabulce č. 2 jsou uvedeny konkrétní názvy jednotlivých sladidel, jak je lze najít v obchodních řetězcích.

Tabulka č. 2: Obchodní názvy nejpoužívanějších sladidel

Sladidla	Obchodní názvy
Aspartam	Irbis, Rioba, Vitar Sweet, Zdravíčko Diachrom ^a , Nutrasweet, Equal ^b
Sukralóza	Splenda ^b
Cyklamát	Clio, Kandisin ^b
Sacharin	Fan sladidlo, Fruktafam, Dianer T500 ^a
Acesulfam K	Diaphan, Clara ^a ; Sunett, Sweet one ^b
Steviol-glykosid	Truvia, Stévie-BIO sladidlo ^a
Neohesperidin dihydrochalkon	Slunéčko diabetiků ^a , NHDC ^b
Thaumatococin	Talin ^b
Erythritol	Extra-line ^a

Zdroj: ^aRačická 2012; ^bČopíková et al. 2013

Při kuchyňské přípravě je důležité vzít v úvahu, že sladidla nepodléhají stejným chemickým a fyzikálním procesům jako cukr. Tyto vlastnosti mohou výrazně ovlivnit hotový pokrm, zejména u pečiva, jelikož sladidla nepodléhají Maillardově reakci ani karamelizaci, což se pak projeví ve výsledné barvě, vůni a chuti (Gabrovská & Chýlková 2017).

Sladidla byla označována, jako náhradní. Avšak ve vyhlášce č. 43/2005 Sb., kterou se mění vyhláška č. 76/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, cukrovinky, med, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu i čokoládové bonbony, kdy se slova „přírodní nebo náhradní sladidla“ nahradila slovy „přírodní sladidla nebo sladidla“ (Vyhláška č. 43/2005 Sb. 2005). Veškerá legislativa týkající se potravinářských přídatných látek je zahrnuta v Nařízení (ES) č. 1333/2008, která platí pro celou EU. Legislativa pro Českou republiku dále zahrnuje vyhlášku č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin. Jako každá jiná schválená přídatná látka v EU musí být zapsána pod kódem, který se skládá z písmene E a trojmístného čísla. K posouzení zdravotní nezávadnosti sladidel již v roce 1955 JECFA vypracovala koncepci pro stanovení hodnoty ADI. Od roku 2002 tuto funkci převzala EFSA a jeho vědecký panel, který prověřuje bezpečnost sladidel a vydává seznam povolených sladidel (Račická 2012). V současné době je v EU 19 povolených sladidel, které jsou uvedeny v Tabulce č. 3 (Gabrovská & Chýlková 2017).

Tabulka č. 3: Sladidla schválená v EU a jejich označení

Sladidlo	E – kód
Sorbitol	E 420
Mannitol	E 421
Acesulfam K	E 950
Aspartam	E 951
Kyselina cyklámová a její sodná a vápenatá sůl (cyklamát sodný)	E 952
Isomalt	E 953
Sacharin a jeho sodná, draselná a vápenatá sůl	E 954
Sukralóza	E 955
Thaumatín	E 957
Neohesperidin DC	E 959
Steviol-glykosidy	E 960
Neotam	E 961
Sůl aspartamu-acesulfamu	E 962
Polyglycitolový sirup	E 964
Matitol	E 965
Laktitol	E 966
Xylitol	E 967
Erythritol	E 968
Advantam	E 969

Zdroj: Gabrovská & Chýlková 2017

Z hlediska užívání sladidel je důležité vysvětlit hodnoty zvané NOAEL a ADI. Hodnota ADI neboli akceptovatelný denní příjem je definována, jako množství potravinářského aditiva, které lze konzumovat denně v průběhu celého života bez jakéhokoliv zdravotního rizika. ADI se vyjadřuje v množství, většinou v miligramech vztažené na kilogram tělesné hmotnosti za den. Hodnota ADI není hranicí mezi bezpečným a nebezpečným, jedná se o hodnotu vypočítanou od hodnoty NOAEL. NOAEL je maximální přípustná hladina, která nemá žádný toxický účinek. Jedná se o množství potravinářského aditiva, které nevyvolává žádný vedlejší účinek při dlouhodobém podávání, nejen u pokusných zvířat. Poté se hodnota NOAEL vydělí bezpečnostním faktorem, který je obvykle 100 a vznikne právě hodnota ADI. Akceptovatelný

denní příjem je tedy 100krát nižší, aby byla zajištěna bezpečnostní rezerva (Magnuson et al. 2016).

Za poslední dvě desetiletí se počet potravin obsahující sladidla rapidně zvýšil. Zvýšení nastává z mnoha důvodů, mezi které patří například jejich chuť, dále cena a snaha snížit množství cukru a energie ve výživě člověka vzhledem k významné prevalenci obezity (Garavaglia et al. 2018). Uebanso et al. (2017) uvádí, že spotřeba nízkokalorických sladidel se za uplynulé desetiletí zvýšila v mnoha zemích, zejména v Japonsku a USA. Z japonského průzkumu o zdraví a výživě vyplývá, že od roku 2002 – 2015 se spotřeba sukralózy zvýšila o 0,515 mg/kg tělesné hmotnosti za den a spotřeba acesulfamu K se zvýšila o 0,621 mg/kg tělesné hmotnosti za den. Zatímco spotřeba aspartamu a sacharinu se v této zemi snížila (Uebanso et al. 2017). V USA bylo prokázáno, že v letech 2007 – 2008 přibližně 15 % amerických dětí ve věku 2 – 7 let konzumuje slazené nápoje umělými sladidly každý den (Swithers 2015).

Mnoho lidí zpochybňuje bezpečnost umělých sladidel, ale riziko nebylo potvrzeno. Avšak bylo zjištěno, že při nadměrné konzumaci mohou způsobit nežádoucí vedlejší účinky, mezi které patří průjem, bolesti hlavy apod. (Clifford & Maloney 2016). Z důvodu doporučení WHO snížit příjem cukru pod 10 %, nejlépe však pod 5 %, jsou alternativní náhražky podrobně zkoumány. V Evropské unii, EFSA nedávno aktualizovala verzi potravinářských přídatných látek a jejich vztah k potenciální hrozbě na člověka. Neustále je přezkoumáván vliv sladidel na veškerou populaci lidí, od malých dětí, těhotných a kojících žen až po nemocné pacienty. Po mnoha provedených studiích však neexistují žádné přesvědčivé důkazy, že i při vyšším příjmu sladidel, nedochází k závažným zdravotním problémům. Nicméně je důležité pokračovat v monitorování potenciálních expozic, zejména u lidí s vyšším rizikem, jako jsou diabetici (Martyn et al. 2018).

3.4 Sladidla vs. cukr

Cukr přispívá k energetické hodnotě potravin, běžný cukr poskytuje 4 kcal/g (Grembecka 2015). Zatímco u nízko- a nekalorických sladidel se klade důraz na snížení energetické hodnoty. Díky sladidlům je zásobován trh potravin, které jsou vhodné pro diabetiky. Většina sladidel je na rozdíl od cukru nekariogenní (Čopíková et al. 2006).

Avšak mezi negativní vlastnosti sladidel při porovnání s cukrem patří zejména jejich pachů, která může nepříznivě ovlivnit celou řadu potravin. Dále jsou sladidla neustále probíraným tématem z důvodu jejich bezpečnosti (Čopíková et al. 2006).

Na základě mnoha studií vyplývá, že nápoje slazené cukrem i umělými sladidly zvyšují zdravotní rizika, jako je nadváha, obezita, kardiovaskulární onemocnění a diabetes mellitus 2. typu (Swithers 2015).

3.5 Historie sladidel

Objev umělých sladidel je převážně spjat s porušováním bezpečnostních pravidel v laboratoři, jelikož byly neúmyslně ochutnány. Nejstarší umělé sladidlo, jímž je sacharin, objevil Constantin Fahlberg v roce 1879. Dalším objeveným sladidlem byl cyklamát, který objevil Michael Sveda v roce 1937 při vývoji protihorečnatých látek. V roce 1965 objevil James Schlatter náhodně aspartam, při pokusu najít léky proti žaludečním vředům. O dva roky později objevil Karl Clauss, acesulfam draselný. Nejnovějším nalezeným sladidlem je sukralóza, za ní jsme vděčni studentovi Shashikantu Phadnisu (Yang 2010).

3.6 Rozdělení sladidel

Sladidla lze rozdělit na sladidla intenzivní a objemová (Gabrovská & Chýlková 2017).

Intenzivní sladidla jsou prakticky bez energetické hodnoty a nezpůsobují zubní kaz. Nemají žádnou výživovou hodnotu, pouze jsou nositeli sladké chuti. Lze je dále rozdělit na sladidla pocházející z přírodních zdrojů (steviol-glykosidy, thaumatin) a sladidla syntetická (sacharin, cyklamát sodný, acesulfam K, sukralóza, aspartam) (Gabrovská & Chýlková 2017).

Mezi objemová sladidla patří zejména alkoholické cukry neboli polyalkoholy (polyoly). Polyoly jsou podobně sladké jako cukr, ale mají zhruba o třetinu méně energie než cukr a nezpůsobují tvorbu zubního kazu. Mezi polyoly patří sorbitol, xylitol, maltitol, erythritol, isomalt. Jedná se o látky, které se vyskytují v určitých druzích ovoce a zeleniny, ale prakticky se vyrábí chemickou cestou pomocí fermentace z rostlinných polysacharidů (Gabrovská & Chýlková 2017).

3.6.1 Nízko- a neenergetická sladidla (intenzivní)

Nízko- a neenergetická sladidla představují vhodnou volbu pro ovlivňování tělesné hmotnosti, jelikož poskytují sladkou chuť bez zvyšování příjmu energie z potravy a mohou tedy významně přispět při snižování celkové energetické hodnoty stravy. Důležité je však dodržovat vyváženou stravu a zdravý životní styl. Sladidla však mozek neošálí, ale chuťové buňky ano. Pocit hladu po potravině obsahující sladidlo tudíž může nadále přetrvávat (Gabrovská & Chýlková 2017). Intenzivní sladidla vykazují vysokou sladící schopnost, která

je mnohem vyšší než sacharóza, a proto je nezbytné užívat je jen ve velmi nízkých dávkách. Jejich kalorický přínos již vyplývá z názvu, je tedy velmi nízký nebo nulový. Pokud jde o kariogenitu nebo inzulínovou reakci nepředstavují žádné riziko (Carocho et al. 2017).

3.6.1.1 Aspartam

3.6.1.1.1 Charakteristika

Aspartam (E 951) je jedním z nejznámějších a nejpoužívanějších sladidel po celém světě. Byl objeven náhodou roku 1969 (Grenby 1996). V roce 1981 byl firmou NutraSweet uveden na trh (Lean & Hankey 2004) pod názvem E 951. V současnosti je prodáván pod názvem Nutrasweet, Equal a Caderel (Glória 2003a). Aspartam patří mezi intenzivní sladidla, které je přibližně 200krát sladší než sacharóza. V mnoha zemích se aspartam používá ve farmaceutickém a potravinářském průmyslu. Vyskytuje se přibližně v 6000 různých produktech, mezi které patří zejména různé nápoje a potraviny (Glória 2003a).

3.6.1.1.2 Chemie

Z chemického hlediska se jedná o methyl ester L- α -aspartyl-L-fenylalaninu (Otabe et al. 2018). Dané sladidlo se tedy skládá ze dvou aminokyselin, kyseliny asparagové a fenylalaninu (Lean & Hankey 2004). Sumární vzorec zní $C_{14}H_{18}N_2O_5$ (EFSA 2008).

3.6.1.1.3 Metabolismus

Na základě určitých studií bylo potvrzeno, že po perorálním podání aspartamu dochází k úplné hydrolyze v gastrointestinálním traktu. Konečnými produkty jsou dvě aminokyseliny-kyselina asparagová (40 %) a fenylalanin (50 %) a další složkou je metanol (10 %). Velmi diskutovaný je právě přítomný metanol (EFSA 2013). Množství vzniklého metanolu je mnohem nižší než množství metanolu přijímané z jiných přírodních zdrojů, jako jsou různé druhy ovoce, zeleniny, alkoholických nápojů a další. Například při konzumaci rajčatové šťávy vznikne 6krát větší množství metanolu než z aspartamu, který je obsažen v dietní Coca-cole (Magnuson et al. 2016). Metanol je dále oxidován na formaldehyd, potom na kyselinu mravenčí a ta může být vyloučena močí nebo přeměněna na oxid uhličitý (EFSA 2013).

Forma vzniklých konečných produktů je v podobné formě, jako při konzumování ovoce, zeleniny, ryb, vajec či luštěnin, které také obsahují dvě zmíněné aminokyseliny (Magnuson et al. 2016).

3.6.1.1.4 Bezpečnost

Aspartam patří mezi velmi diskutované sladidlo ohledně bezpečnosti (Lean & Hankey 2004), a proto byla bezpečnost aspartamu podrobena rozsáhlým studiím, které byly prováděny na zvířatech i na lidech. Jeho bezpečnost byla potvrzena mnoha vědeckými orgány, jako je JECFA, FDA, EFSA a řadou dalších vědeckých orgánů ve více než 100 zemích po celém světě (Glória 2003a). Na základě těchto studií bylo stanoveno denní přijatelné množství, které JECFA stanovila na 40 mg/kg tělesné hmotnosti a FDA dokonce až na 50 mg/kg tělesné hmotnosti (Glória 2003a). Důležité je však zmínit, že tyto hodnoty neplatí pro lidi trpící fenylketonurií, jelikož pro ně je aspartam nebezpečný (Lean & Hankey 2004). Z důvodu důkladného testování daného sladidla vyplývá, že aspartam je vhodný pro lidi trpící diabetem, pro těhotné a kojící ženy a děti (Bassoli & Merlini 2003).

Zda aspartam napomáhá zdravému životnímu stylu a redukci tělesné hmotnosti byla provedena studie. Lean & Hankey (2004) uvádí, že v západních zemích poskytuje cukr kolem 10 % celkového energetického příjmu, což je zhruba 50 g denně. Pokud bychom cukr nahradili nízkokalorickým sladidlem, konkrétně aspartamem, tak by mohlo dojít ke snížení tělesné hmotnosti, ovšem za předpokladu, že kalorií nebudou nahrazeny jinými potravinami. K čemuž může dojít, protože po konzumaci sladidel dochází ke stimulaci chuťových pohárků (Lean & Hankey 2004).

Bezpečnost aspartamu byla potvrzena, avšak aspartam bývá spojován s kognitivně behaviorálními problémy. Mezi tyto neurofyziologické problémy patří problémy s učením, bolesti hlavy až migrény, podráždění, úzkost, deprese a nespavost. Konzumace aspartamu může zvýšit hladinu fenylalaninu a kyseliny asparagové v mozku. Tyto sloučeniny mohou inhibovat syntézu a uvolnit neurotransmitery, jako je dopamin, serotonin a norepinefrin, které jsou známé jako regulátory neurofyziologické aktivity. Tudíž lze potvrdit, že aspartam zvyšuje hladinu kortizolu, a tak zvyšuje produkci volných radikálů. Zvýšená hladina kortizolu a nadbytek zvýšených radikálů může negativně ovlivnit mozek kvůli oxidativnímu stresu, který má nepříznivý vliv na neurofyziologické příznaky (Choudhary & Lee 2017). Jak již bylo zmíněno, aspartam je často spojován s nepříznivými účinky, jako je bolest hlavy. Na základě dvouleté studie, které se zúčastnilo 11 pacientů s migrénou konzumující buď aspartam (300 mg) nebo placebo po dobu čtyř týdnů. Četnost migrén a zvýšená bolest hlavy byla zaznamenána u pacientů, kteří konzumovali aspartam. Další studie zabývající se vedlejšími účinky, konkrétně bolestmi hlavy se zúčastnilo 32 účastníků. Tříkrát denně byl pacientům podáván aspartam nebo placebo. Opět bylo potvrzeno, že pacienti konzumující aspartam měli větší problémy ve srovnání s pacienty přijímající jen placebo (Martin & Vij

2016). Avšak existují studie, které dané tvrzení vyvrátily. U jedné studie se 40 účastníky, kde byl podáván aspartam nebo placebo, nebyl pozorován žádný výrazný rozdíl. Další vyvrácení daného nežádoucího účinku ověřily i jiné studie, které ale zaznamenaly, že při konzumování vyššího množství aspartamu (25 mg/kg denně) může dojít k podráždění až depresím. Z těchto čtyř provedených studií, dvě studie potvrdily nežádoucí účinek aspartamu a dvě ho naopak vyvrátily. Důležité je však zmínit, že v prvních dvou studiích bylo podáváno velké množství aspartamu, které je nesrovnatelné s běžným denním konzumováním (Martin & Vij 2016).

Z důvodu šíření poplašných zpráv o karcinogenitě aspartamu je důležité zmínit, že mnoho studií, které tento problém zkoumaly, dospěly k závěru, že aspartam nevykazuje žádný genotoxický potenciál (Otabe et al. 2018).

3.6.1.2 Sukralóza

3.6.1.2.1 Charakteristika

Sukralóza (E 955) je nekalorické sladidlo, které je zhruba 600krát sladší než sacharóza. Používá se ve formě tablet, které se nazývají Splenda a jsou určeny zejména diabetikům. Sukralóza se také uplatňuje při výrobě léků. Na rozdíl od ostatních sladidel je stabilní při vyšších teplotách i nízkém pH, a tak je vhodná pro pečené a smažené pokrmy (AlDeeb et al. 2013). Jako jedno z mála sladidel nemá nahořklou pachut'. Vyskytuje se zhruba ve 4500 produktech (Soffritti et al. 2016).

3.6.1.2.2 Chemie

Z chemického hlediska se jedná o 1,6-dichloro-1,6-dideoxy-β-d-fruktofuranosyl-4-chloro-4-deoxy-α-d-galakto-pyranosid (Glória 2003b). Vzniká ze sacharózy, kde jsou tři hydroxylové skupiny nahrazeny chlórem (AlDeeb et al. 2013). Sumární vzorec zní $C_{12}H_{19}Cl_3O_8$ (EFSA 2008).

3.6.1.2.3 Metabolismus

Po perorálním podání se sukralóza téměř nevstřebává. Zhruba 5 – 15 % je vyloučeno močí a 85 – 90 % se vyloučí v nezměněné podobě stolicí. Průměrně se vstřebá asi 15 %. Kolem 2 – 3 % se dostává do běžné metabolické reakce, a sice do glukoronidace. Nezměněná sukralóza a glukoronidové konjugáty jsou vyloučeny močí bez bioakumulace. Lze tedy usoudit, že perorální podání sukralózy je z velké části neabsorbováno, vyloučeno v nezměněné formě a není metabolizovaná jako zdroj energie. Může být rozdělena na menší

chlorované sloučeniny, a proto je k tělu v podstatě inertní. Dané informace byly potvrzeny pomocí chromatografie na tenké vrstvě nebo pokusy na potkanech (Soffritti et al. 2016).

3.6.1.2.4 Bezpečnost

Sukralóza byla schválena FDA roku 1998 (AlDeeb et al. 2013). V roce 2004 byla schválena Evropskou unií, jako potravinářská přídatná látka pod E kódem E 955, která může být v různých výrobcích obsahující vodu, jako jsou některé alkoholické nápoje, marinády, žvýkačky apod. (Schiffman & Rother 2013).

Z důvodu studie Soffritti et al. (2016), kteří publikovali vědecký článek o karcinogenitě u myší po konzumaci sukralózy se EFSA zaměřila na další studii, která by karcinogenitu vyvrátila nebo také potvrdila. Dospěli k závěru, že neexistuje vztah mezi přijatou dávkou sukralózy a výskytem lymfomů a leukémie. Dále potvrdila, že nedochází ke vzniku tumorů u myší samců. Na základě všeobecné databáze o sukralóze a veškerých studiích provedených na myších či potkanech nebyl potvrzen žádný karcinogenní účinek (EFSA 2017). Existuje studie, která uvádí, že Splenda ovlivňuje střevní mikrobiotu, protože zvyšuje obsah P-glykoproteinu a cytochromu P450 u samců krys. Výsledky však byly zpochybňovány jinými studiemi (Čopíková et al., 2013). Jelikož byla stanovena hodnota ADI na 5 mg/kg tělesné hmotnosti, lze sladidlo považovat za bezpečné (Schiffman & Rother 2013).

3.6.1.3 Cyklamát

3.6.1.3.1 Charakteristika

Cyklamát (E 952) byl poprvé syntetizován roku 1937 Michaelem Svedou. V roce 1958 byl cyklamát klasifikován jako potravinářská přídatná látka a jeho spotřeba se rapidně zvýšila. Avšak v roce 1970 bylo používání výrazně omezeno. Cyklamát je zhruba o 30 – 50krát sladší než sacharóza. Cyklamát sodný je velmi stabilní sladidlo, které není ovlivněno teplotou nebo kyselostí a také je sladší než cyklamát vápenatý. Cyklamát má hořkou a slanou chuť, proto se často kombinuje s jinými sladidly (Aguilar-Arteaga et al. 2017). Nejčastěji se kombinuje se sacharinem, jelikož cyklamát umí silně blokovat jeho hořkou chuť (Behrens et al. 2017).

3.6.1.3.2 Chemie

Kyselina cyklámová může mít sodné a vápenaté soli. Cyklamáty jsou soli kyseliny cyklohexylsulfamové (Aguilar-Arteaga et al. 2017). Sumární vzorec je $C_6H_{13}NO_3S$ (EFSA 2008).

3.6.1.3.3 Metabolismus

Většina lidí cyklamát vylučuje v nezměněné podobě močí nebo stolicí. Cyklamát se však v těle může metabolizovat na cyklohexamin, u kterého byl potvrzen karcinogenní účinek, a proto je v některých zemích zakázán (Aguilar-Arteaga et al. 2017).

3.6.1.3.4 Bezpečnost

Cyklamát je schválen ve více než 50 zemí světa, například v Číně, Indonésii, Austrálii, Novém Zélandu a Evropská unii. Zakázán je například v USA, Indii a ve Spojeném Království z důvodu obavy toxicity cyklohexylaminu (Li et al. 2017). Hodnota ADI je v povolených zemí stanovena na 11 mg/kg tělesné hmotnosti za den (Aguilar-Arteaga et al. 2017).

Cyklamát byl velmi zkoumán z hlediska ovlivnění mužské plodnosti. Při vyšetření nebyly nalezeny žádné důkazy mezi příjmem cyklamátu a mužskou plodností, ani při zvýšeném množství vylučovaného cyklamátu či cyklohexylaminu. Lze tedy potvrdit, že při současné spotřebě cyklamátu nedochází k ovlivnění mužské plodnosti (Serra-Majem et al. 2010).

Jedna z nejznámějších studií zkoumající toxický a karcinogenní účinek trvala 24 let. Byla provedena na 21 opicích, které konzumovaly 5krát týdně ve výživě cyklamát. Přežilo pouze 14 opic, u zbylých se projevil maligní nebo benigní nádory. U jednoho zástupce opic došlo ke vzniku karcinomu prostaty, u druhého zástupce k tvorbě myomů na děloze. Další dvě opice měly metastazující rakoviny, u jedné z nich se jednalo o karcinom tlustého střeva a u druhé o hepatocelulární karcinom. Po dobu 24 let nedošlo k výrazné změně tělesné hmotnosti. Jedinou vnější malformací byla kyfóza hrudní páteře, což bylo pozorováno u tří opic. Opice také nevykazovaly žádné kardiovaskulární problémy (Takayama et al. 2000).

Další studie potvrdila zvýšený výskyt rakoviny močového měchýře u krys, po konzumaci směsi cyklamátu sodného a sacharinu sodného, což vedlo k zákazu užívání cyklamátu v USA, organizací FDA. Nicméně mnoho dalších studií tento experiment vyvrátily, například IARC z roku 1980, dále WHO v roce 1993 (Takayama et al. 2000).

3.6.1.4 Neotam

3.6.1.4.1 Charakteristika

Neotam (E 961) je relativně nové nízkokalorické a vysoce intenzivní umělé sladidlo, které bylo schváleno FDA roku 2002. Neotam je přibližně 7000 – 13 000krát sladší než sacharóza (Chi et al. 2018).

3.6.1.4.2 Chemie

Neotam je N-[N-(3,3-dimethylbutyl)-1- α aspartyl]-L-fenylalanin 1-methyl ester (Chi et al. 2018). Nebo také 1-methyl-N-[N-(3,3-dimethylbutyl)-L- α -aspartyl]-L-fenylalaninát (EFSA 2010). Sumární vzorec zni $C_{20}H_{30}N_2O_5$ (EFSA 2008).

3.6.1.4.3 Metabolismus

Neotam je v lidském těle metabolizován esterázou do neesterifikovaného neotamu a metanolu. Následně je vyloučen do 72 hodin močí a výkaly (Chi et al. 2018).

3.6.1.4.4 Bezpečnost

Z hlediska bezpečnosti bylo stanoveno denní akceptovatelné množství na 2 mg/kg tělesné hmotnosti za den (Čopíková et al. 2013). Neotam jako každé jiné sladidlo bylo zkoumáno z hlediska bezpečnosti. Jedna ze studií se zaměřila na působení neotamu na střevní mikrobiotu. Po dobu čtyř týdnů, kdy byl konzumován neotam, došlo ke snížení velké části bakterií rodu *Firmicutes* a naopak se zvýšil počet bakterií rodu *Bacteroides*. Kromě toho došlo ke změně obsahu stolice, při porovnání kontrolních skupin, měly myši konzumující neotam více mastných kyselin a také cholesterolu. U neotamu bylo dále zjištěno, že při dlouhodobé konzumaci dochází ke snížení tělesné hmotnosti. Dané tvrzení platí pouze tehdy, když je dodržovaná správná životospráva (Chi et al. 2018).

3.6.1.5 Advantam

3.6.1.5.1 Charakteristika

Advantam patří mezi novější intenzivní sladidlo, které bylo schváleno FDA roku 2014. Je zhruba 20 000krát sladší než sacharóza (Sclafani & Ackroff 2015). Bylo potvrzeno, že advantam vykazuje výraznou sladkou chuť, a naopak slabé vnímání hořké a slané pachuti. Advantam je vhodný ke slazení nápojů (čaje a kávy), také se často přidává do žvýkaček a jogurtů. Toto sladidlo je velmi stabilní, lze ho tedy používat při nízkém pH i při vysokých teplotách (Otabe et al. 2011a).

3.6.1.5.2 Chemie

Advantam je odvozený od vanilinu a aspartamu (Sclafani & Ackroff 2015). Chemický název zní (N-[N-[3-(3-hydroxy-4-methoxyphenyl) propyl]- α -aspartyl]-L-phenylalanin 1-methyl ester, monohydrát (Otabe et al. 2011b). Nebo také L-fenylalanin, N-[3-(3-hydroxy-4-

methoxyfenyl)propyl]-L- α -aspartyl-, 2-methylester, monohydrát (EFSA 2014) o sumárním vzorci $C_{24}H_{30}N_2O_7 \cdot H_2O$ (EFSA 2008).

3.6.1.5.3 Metabolismus

Studie založené na zkoumání metabolismu advantamu došly k závěru, že advantam je rychle absorbován, ale pouze v omezeném množství, průměrně 4 – 23 %. Advantam je absorbován zejména jako kyselina ANS9801 (deesterifikovaný advantam). Tato kyselina se vytváří v gastrointestinálním traktu v důsledku hydrolyzy původní sloučeniny. Kyselina ANS9801 může být hydrolyzovaná na kyselinu asparagovou a další metabolity. Advantam je pak z 80 % vyloučen stolicí ve formě metabolitů, v menším množství je vyloučen i močí. (Otabe et al. 2011a).

3.6.1.5.4 Bezpečnost

Advantam lze považovat za vhodnou alternativu sladidel pro diabetiky, jelikož zmíněné sladidlo neovlivňuje glukózovou homeostázu (Otabe et al. 2011a).

Advantam je dobře snášen u zvířat i lidí. Pouze několik studií prokázalo u králíků těžkou gastrointestinální poruchu při vysokém příjmu advantamu. Žádná toxicita ani metabolické poruchy prokázány nebyly. Během rozsáhlého testování advantamu na zvířatech a lidech lze považovat advantam z hlediska toxicity, genotoxicity, karcinogenity za bezpečný pro použití do potravin (Otabe et al. 2011a). Warrington a kolektiv (2011) taktéž nezaznamenali žádné klinicky významné změny u studovaných subjektů.

3.6.1.6 Sacharin a jeho Na, K, Ca soli

3.6.1.6.1 Charakteristika

Sacharin (E 954) je nejstarší používané sladidlo, které se používá od roku 1879 (Bian et al. 2017a). Sacharin objevil Konstantin Fahlberg a Ira Remsen náhodně při studiu o-sulfabenzamidů. Sacharin je přibližně 300 - 500krát sladší než sacharóza. Sacharin je velmi stabilní sladidlo, a tak představuje rozsáhle využití v potravinářském průmyslu i pro přímou konzumaci. Vhodné je použití ve směsi s jinými sladidly, jelikož sacharin má nepříjemnou kovovou pachut' (Čopíková et al. 2013).

3.6.1.6.2 Chemie

Chemický název sacharinu je 3-oxo-2,3-dihydrobenzo(d)izothiazol-1,1-dioxid o sumárním vzorci $C_7H_5NO_3S$ (EFSA 2008).

3.6.1.6.3 Metabolismus

Prochází gastrointestinálním traktem téměř nemetabolizovaný a beze změny je velmi rychle vylučován močí, méně pak stolicí (Bian et al. 2017a).

3.6.1.6.4 Bezpečnost

Denní přijatelný příjem u člověka, který byl schválený FDA je 15 mg/kg tělesné hmotnosti (Bian et al. 2017a).

Sacharin je považován za bezpečné sladidlo, hlavně z důvodu, že je minimálně metabolizován v lidském těle. I přesto se v nedávné studii potvrdilo, že po jeho příjmu došlo k narušení střevní mikroflóry. Po dobu šesti měsíců byl myším podáván v pitné vodě sacharin. U těchto myší se objevil zánět jater, což může negativně ovlivnit střevní mikroflóru (Bian et al. 2017a). Dále mnoho studií dokládají vliv velkých dávek sodné soli sacharinu na vznik nádorů močového měchýře. Velké dávky způsobily vznik sraženin fosforečnanu vápenatého v močových cestách, což mohlo podnítit vznik nádorů. Avšak tato studie byla provedena pouze na krysách, které jsou velmi citlivé na vznik nádorů močového měchýře. U lidí tento jev potvrzen nebyl (Čopíková et al. 2013). Avšak bylo potvrzeno, že konzumace sacharinu u zvířat je transplacentární, zejména u myší, opic a lidí (Magnuson et al. 2016).

3.6.1.7 Acesulfam K

3.6.1.7.1 Charakteristika

Acesulfam K (E 950) je nekalorické sladidlo, které bylo objeveno roku 1967, kdy výzkumný pracovník náhodně ochutnal vzniklou sloučeninu. Acesulfam draselný je přibližně 200krát sladší než sacharóza. Vyznačuje se vynikající sladkou chutí, vysokou stabilitou a rozpustností ve vodě. Stabilita v potravinách, zejména odolnost proti tepelné degradaci z něj činí výhodné sladidlo používané v mnoho potravinách a nápojích (Magnuson et al. 2016).

3.6.1.7.2 Chemie

Chemický název acesulfamu draselného zní 6-methyl-1,2,3-oxathiazin-4(3H)-on-2,2-dioxid, draselná sůl. Sumární vzorec zní $C_4H_4KNO_4S$ (EFSA 2008).

3.6.1.7.3 Metabolismus

Acesulfam K je rychle a téměř kompletně vstřebáván do systémového oběhu. Absorbované sladidlo je distribuováno do různých tkání v celém těle za pomoci krve. U myší byly nejvyšší koncentrace naměřeny v gastrointestinálním traktu, močovém měchýři a ledvinách.

Absorbované sladidlo je primárně vylučováno močí do 24 hodin po konzumaci a zhruba 1 % je vyloučeno stolicí (Magnuson et al. 2016).

3.6.1.7.4 Bezpečnost

Bylo potvrzeno, že acesulfam draselný je transplacentární a ve velmi nízkých koncentracích se může objevit v plodových tkáních. Avšak v této studii se prokázalo, že vyšší koncentrace byla naměřena v placentě než v samotném plodu, tudíž placentu lze považovat za ochrannou bariéru vůči danému sladidlu. Tato studie potvrdila, že acesulfam K nepředstavuje riziko pro plod (Magnuson et al. 2016).

Také u acesulfamu K byla zkoumána střevní mikrobiota a tělesná hmotnost po jeho konzumaci. Byly nalezeny rozdíly u jednotlivých pohlaví. Pouze u samců došlo ke zvýšení tělesné hmotnosti. V závislosti na pohlaví také došlo ke změně střevní mikrobioty, ke vzniku funkčních genů souvisejících s energetickým metabolismem. Acesulfam K také zvýšil velké množství genů související se syntézou lipopolysacharidů (Bian et al. 2017b).

Schválení acesulfamu K se uskutečnilo v letech 1985 a 1988 Evropskou unií pro potraviny a FDA. Veškeré studie se shodovaly, že nedochází k nežádoucím účinkům při konzumování maximálně 3 % acesulfamu draselného po dobu dvou let, která na základě tělesné hmotnosti odpovídala NOAEL 1500 mg/kg tělesné hmotnosti za den a 900 mg/kg tělesné hmotnosti za den u potkanů a psů. A tak JECFA stanovila hodnota ADI na 9 mg/kg tělesné hmotnosti za den. Později na základě dalších studií JECFA hodnotu ADI zvýšila na 15 mg/kg tělesné hmotnosti za den (Magnuson et al. 2016).

3.6.1.8 Steviol-glykosidy (stévie)

3.6.1.8.1 Charakteristika

Stevia rebaudiana Bertoni je trvalka pocházející z Jižní Ameriky (Yoneda et al. 2018). Tato rostlina obsahuje řadu složek se sladkou chutí. Za sladkou chuť zodpovídají zejména diterpenické glykosidy, což je především steviosid (10 %) a rebaudiosid A (2 – 4 %). Dále pak steviobiosid, rebaudiosidy B, C, D a E, dulkosidy A a B. Kromě zmíněných látek, stévie také obsahuje steroidní látky (stigmasterol, β -sitosterol, kampesterol), flavanoidy (apigenin, luteolin, kvercetin, kempferol) a další fenolické látky, triterpeny, silice, organické kyseliny a také vitaminy a minerální látky (Navrátilová 2015). Některé zmíněné diterpenové glykosidy a triterpeny (saponin) jsou zodpovědné pro změnu za nahořklou pachut' připomínající lékořici (Krasina & Tarasenko 2016). Steviosid je 200 – 300krát sladší než sacharóza. Rebaudiosid A

je až 400krát sladší než sacharóza (Carbonell-Capella et al. 2015). Uvedené obsahové látky jsou termostabilní, proto lze stéviu používat i při pečení (Navrátilová 2015).

3.6.1.8.2 Chemie

Steviosid je přírodní diterpenoidní glykosid (Panagiotou et al. 2018). Sumární vzorec steviosidu zní $C_{38}H_{60}O_{18}$. Systematický název je 13-[(2-O-β-D-glukopyranosyl-β-D-glukopyranosyl)oxy]kaur-16-en-18-olejová kyselina-β-D-glukopyranosyl ester (Gupta 2016).

3.6.1.8.3 Metabolismus

Všechny steviol-glykosidy podléhají mikrobiálnímu metabolismu, kde nakonec vzniká společný metabolit steviol (EFSA 2018). Steviol vzniká v důsledku enzymatické hydrolyzy ve střevní mikrobiotě (Panagiotou et al. 2018). Poté je absorbován a metabolizován na steviol glukoronid, který je nadále vyloučen u lidí močí (EFSA 2018).

3.6.1.8.4 Bezpečnost

Steviol-glykosidy (E 960) jsou povoleny jako přídatné látky od roku 2010. JECFA následně vydala specifikaci pro sladidlo steviol-glykosidy, že procento těchto sloučenin musí být více než 95 % s tím, že zbylé složky musí pocházet také ze stévie (EFSA 2018).

Steviol-glykosidy mohou pravděpodobně pomáhat při různých terapiích, protože vykazují protizánětlivé, antihyperglykemické, antihypertenzní, proti nádorové, proti průjmové, diuretické a imunomodulační účinky (Panagiotou et al. 2018). Z důvodu velké spotřeby stévie je sladidlo neustále zkoumáno a podrobeno dalšími vědeckými studiemi.

Barriocanal et al. (2008) uvádí, že steviol-glykosidy užívané jako sladidlo je dobře snášeno, jelikož neovlivňuje glukózu v krvi a krevní tlak. Brusick (2008) zkoumal genotoxicitu steviolu a steviosidu. Žádný z experimentů nepotvrdil jejich toxicitu, tudíž ho lze považovat za bezpečný.

3.6.1.9 Neohesperidin dihydrochalkon

3.6.1.9.1 Charakteristika

Neohesperidin dihydrochalkon (E 959) je hojně využívané nízkokalorické intenzivní sladidlo v různých potravinách, nápojích a lécích. Tato sloučenina je 1500krát sladší než sacharóza (Dong et al. 2017). Nejedná se pouze o sladidlo, nýbrž i o silný antioxidant. Používá se pro zlepšení chuti ve farmaceutickém a potravinářském průmyslu (Bozoglan et al. 2014). Působí

jako inhibitor hořké chuti (Dong et al. 2017). Patří mezi přírodní sladidla, ale jako NHDC se v přírodě nevyskytuje. Jeho zdrojem jsou citrusové plody (Bozoglan et al. 2014).

3.6.1.9.2 Chemie

NHDC je flavanoidní sloučenina na kterou je navázána neohesperidóza, což je disacharid složený z L-ramnózového zbytku a β -glukosidovou skupinou, vše je spojené α -1,2-glykosidickou vazbou (Daly et al. 2016). Sumární vzorec NHDC je $C_{28}H_{36}O_{15}$ (EFSA 2008).

3.6.1.9.3 Metabolismus

Degradace NHDC byla zkoumána in vitro. NHDC byl přeměněn na 3-(3-hydroxy-4-methoxyfenyl) propionovou kyselinu nebo na 3-(3,4-dihydroxyfenyl) propionovou kyselinu. Dva meziproducty byly identifikovány jako hesperidin dihydrochalkon 4'- β -d- β -glukosid a hesperidin dihydrochalkon. Tyto metabolity potvrzují, že nejdříve dochází k odštěpení glukózy na hesperidin dihydrochalkon 4'- β -d- β -glukosid a poté na aglykon hesperidin dihydrochalkon. Následuje hydrolyza na 3-(3-hydroxy-4-methoxyfenyl) propionovou kyselinu a pravděpodobně na floroglucinol (Braune et al. 2005).

3.6.1.9.4 Bezpečnost

NHDC bylo podrobena mnoha studii, z nichž velká část vykazuje pozitivní výsledek. Choi et al. (2007) prokázali, že NHDC může poskytovat inhibiční účinek vůči reaktivním formám kyslíku, jako je $\cdot O_2^-$, $\cdot OH^-$, H_2O_2 , $HOCl$. Také může chránit proteiny a DNA před poškozením $HOCl$. Tato studie poukazuje na další možné terapeutické účinky při zánětlivých onemocněních. Také konzumace potravin obsahující neohesperidin DC může mít pozitivní vliv při léčbě u alergických pacientů (Choi et al. 2007).

Další pozitivní studie ve prospěch NHDC byla vytvořena v roce 2015. Shi et al. (2015) dospěli k závěru, že konzumace NHDC má významný hepatoprotektivní účinek.

Jako předchozí sladidla muselo být NHDC před schválením podrobena studii zaměřující se na jeho toxicitu. Z výsledků Waalkens-Berendsen et al. (2004) bylo potvrzeno, že neohesperidin DC nevykazuje toxicitu u těhotných žen ani teratogenitu při koncentraci do 5 %, což odpovídá příjmu 3,3 g/kg tělesné hmotnosti za den.

3.6.1.10 Thaumatin

3.6.1.10.1 Charakteristika

Thaumatin je sladký protein, který se získává z plodů západoafrické rostliny zvané katemfe (*Thaumatococcus danielli*) (Tschannen et al. 2017). Dané nízkokalorické sladidlo se používá v potravinářském a farmaceutickém průmyslu (Firsov et al. 2016). V potravinářském průmyslu se využívá zejména u výrobků obsahující mátu, protože thaumatin zajišťuje dlouhotrvající chladivý efekt. Také je vhodný jako inhibitor hořké chuti (Tschannen et al. 2017). Sladký protein thaumatinu je přibližně 3000krát sladší než sacharóza (Acevedo et al. 2018). Thaumatin udržuje sladkou chuť na jazyku delší dobu, a tak slouží jako zesilovač chuti. Evropskou unií byl schválen roku 1984 jako potravinářská přídatná látka E 957 (Firsov et al. 2016).

3.6.1.10.2 Chemie

Thaumatin se vyskytuje v rostlině katemfe v pěti různých variantách. Dvě hlavní varianty jsou thaumatin I a II, zbylé tři se označují thaumatin a, b, c. Jejich aminokyselinové sekvence je rozdílná, a tím i jejich sladká chuť (Firsov et al. 2016). Thaumatin I se skládá z jednoho proteinového řetězce obsahujícího 207 aminokyselin (Masuda et al. 2010).

3.6.1.10.3 Metabolismus

Renwick et al. (1986) uvádí, že stravitelnost thaumatinu je srovnatelná se stravitelností albuminu. Ještě než je štěpen ve střevě, může být považován za běžný protein s neobvyklou chutí, což bylo potvrzeno ve studii na potkanech, u kterých byla měřena eliminace dusíku ve stolici ve srovnání s příjmem dusíku (Renwick 1986).

3.6.1.10.4 Bezpečnost

Thaumatin je považován za bezpečné sladidlo. Podle dosavadních výzkumů nejsou hlášeny žádné alergické reakce na čistý thaumatin, pokud se používá v potravinářském průmyslu, jako sladidlo nebo modifikátor chuti (Tschanne et al. 2017).

Nicméně, homologní proteiny thaumatinu, nazývané jako thaumatin-like proteins (TLPs) byly identifikovány jako kritické alergeny u několika druhů rostlinných produktů, jako je alergie na kiwi, jablka a broskve. TLPs jsou také spojovány s nemocemi z povolání, jako je například pekařské astma. Avšak TLPs mohou být produkovány řadou rostlin a působit i jako účinná prevence infekcí. Byl zdokumentován jeden případ, že thaumatin vyvolal pracovní alergii,

jelikož dané sladidlo má poměrně silný alergenní potenciál vyvolat záněty horních cest dýchacích je vyžadováno zvýšené bezpečnostní opatření na pracovišti (Tschanne et al. 2017). Hodnota ADI byla stanovena na „neurčeno“, což znamená, že nevykazuje žádnou toxicitu, genotoxicitu ani teratogenitu (Aidoo et al. 2015).

3.6.1.11 Erythritol

3.6.1.11.1 Charakteristika

Jedná se o jediný polyol, který se řadí mezi neenergetická sladidla. Jeho relativní sladivost je přibližně 0,7 (Rzechonek et al. 2017). Poprvé byl izolován v roce 1852, ale až v roce 1990 se poprvé objevil v Japonsku, jako přírodní sladidlo (Regnat et al. 2018). V současné době je schválen pro použití do potravin a nápojů ve více než 60 zemí světa (Cock et al. 2016). Přirozeně se vyskytuje v malém množství v alkoholických nápojích, houbách, ovoci (hruškách, hroznovém víně, vodních melounech). Po jeho konzumaci v ústech vzniká chladivý pocit (Rzechonek et al. 2017).

3.6.1.11.2 Chemie

Z chemického hlediska se erythritol řadí mezi polyoly (Cock et al. 2016). Chemický název zní 1,2,3,4-butantetrol (Regnat et al. 2018). Sumární vzorec je $C_4H_{10}O_4$ (EFSA 2008).

3.6.1.11.3 Metabolismus

Na rozdíl od ostatních polyolů, erythritol rychle prochází stěnou tenkého střeva. Není tedy metabolizován a v nezměněné formě je vyloučen močí (Cock et al. 2016). Tudíž neovlivňuje glukózu v krvi a hladinu inzulínu. Pouze malé množství, méně než 10 %, je zapojeno do reverzibilní metabolické reakce, jako je dehydratace na D- nebo L- erythruozu (Regnat et al. 2018).

3.6.1.11.4 Bezpečnost

Důkladné hodnocení bezpečnosti erythritolu se objevilo v roce 1996 v toxikologickém a farmakologickém nařízení. Patnáct publikací zahrnovalo přehledy o bezpečnosti erythritolu, kde dokazují, že erythritol nemá žádný toxikologický účinek a je dobře snášen. Studie zkoumající toleranci erythritolu na trávicí trakt potvrdila bezpečnost tohoto sladidla při konzumaci 1 g/kg tělesné hmotnosti za den. V roce 1990 bylo potvrzeno, že erythritol je nekariogenní. Dokonce inhibuje růst a snižuje produkci kyselin zodpovědných za některé druhy bakterií vyvolávající zubní kazy, jako je *S. mutans* (Cock et al. 2016). Další podrobné

studie na myších, potkanech a psech prokázely, že erythritol nevykazuje žádný karcinogenní ani teratogenní účinek (Rzechonek et al. 2017).

U erythritolu bylo dokonce prokázáno, že dokáže vychytávat volné radikály, protože působí jako antioxidant, během jeho cirkulace v těle, než je vyloučen močí (Regnat et al. 2018).

3.6.2 Energetická sladidla (objemová)

Mezi energetická sladidla patří zejména polyoly neboli cukerné alkoholy. Jedná se o potravinářské přídatné látky, které se úmyslně přidávají do jídla k zajištění barvy, chuti a konzervaci potravin (Grembecka 2015). Polyoly se mohou vyskytovat v přírodě, zejména v ovoci a zelenině (Carocho et al. 2017).

Polyoly se staly velmi konzumovanými sladidly, zejména z důvodu jejich nekariogenních účinků a také, že neovlivňují hladinu inzulínu a jsou tak vhodná pro diabetiky (Carocho et al. 2017). Dále mají méně energie a nižší glykemický index než monosacharidy. Jedná se o deriváty cukrů, které obvykle vznikají redukcí aldehydické nebo ketonické skupiny na skupinu hydroxylovou (Coelho & Jesus 2016). Pro polyoly je typická poměrně vysoká stabilita v kyselém a zásaditém prostředí, stabilita vůči vysoké teplotě a sladkost podobná sacharóze (Cock et al. 2016).

Polyoly lze rozdělit na hydrogenové monosacharidy, mezi které patří sorbitol, mannitol a xylitol. Dále jsou hydrogenované disacharidy, což je isomalt, maltitol a laktitol. Stručná charakteristika je uvedena v Tabulce č. 4 (Grembecka 2015).

Tabulka č. 4: Charakteristika jednotlivých polyolů

Polyoly	Sumární vzorec	Systematický název	Funkce
Erythritol	$C_4H_{10}O_4$	(2R, 3S)- 1,2,3,4-butantetrol	Zesilovač chuti Zvlhčující látka Sladidlo
Isomalt	$C_{12}H_{24}O_{11}$	6-O- α -D-glukopyranosyl, kombinovaný s 1-O- α -D-glukopyranosyl-D-mannitol	Protispékavé činidlo Stabilizátor Sladidlo Zahušťovadlo
Laktitol	$C_{12}H_{24}O_{11}$	4-O- β -L-galaktopyranosyl-L-glucitol	Emulgátor Sladidlo Zahušťovadlo
Maltitol	$C_{12}H_{24}O_{11}$	4-O- α -D-glukopyranosyl-D-glucitol	Emulgátor Sladidlo Zahušťovadlo Zvlhčovadlo Stabilizátor
Mannitol	$C_6H_{14}O_6$	D-mannitol	Protispékavé činidlo Zvlhčující látka Stabilizátor Sladidlo Zahušťovadlo
Sorbitol	$C_6H_{14}O_6$	D-glucitol	Zvlhčující látka Stabilizátor Sladidlo Zahušťovadlo
Xylitol	$C_5H_{12}O_5$	D-erythro-pentitol	Emulgátor Stabilizátor Sladidlo Zvlhčující látka Zahušťovadlo

Zdroj: Grembecka 2015

Podle nařízení Evropské unie č. 1333/2008 jsou polyoly značeny, jako *quantum satis*, což znamená, že nejsou stanoveny žádné limity pro jejich konzumaci a lze je považovat za bezpečné (Carocho et al. 2017). Podle právních předpisů jsou označovány písmenem E a trojmístným číslem. Hodnota ADI u nich stanovena nebyla, ale na produktech obsahující více než 10 % polyolů musí být uvedeno, že nadměrná spotřeba může vyvolat laxativní účinky. Také jsou spojovány s dalšími gastrointestinálními problémy, jako je plynatost, nadýmání, aj. (Grembecka 2015).

3.6.2.1 Sorbitol

3.6.2.1.1 Charakteristika

Sorbitol (E 420) je šesti uhlíkatý cukerný alkohol, který byl objeven francouzským vědcem v roce 1872. Sorbitol poskytuje méně kalorií než sacharóza, relativní sladivost je 0,6. Kromě sladidla se sorbitol také používá jako změkčovač nebo zvlhčovač. Jedná se o stabilní sladidlo, dokonce i za vysokých teplot a nedochází u něj k Maillardově reakci. Velká nevýhoda sorbitolu je vysoká hygroskopicitá (Grembecka 2015).

Tento polyol se běžně nachází v přírodních produktech, jako jsou jablka, hrušky, broskve, meruňky nebo nektarinky. Také je běžný pro některé sušené ovoce, jako jsou sušené švestky, datle, rozinky a také se vyskytuje v některých druzích zeleniny. Sorbitol lze najít v mnoha potravinářských produktech, jako je pečivo, sladkosti, žvýkačky, surimi tyčinky, klobásy a nápoje (Carocho et al. 2017). Díky svými nekariogenním účinkům se používá ve speciální výživě a je vhodný pro diabetiky. Dále se používá ve farmaceutických a kosmetických produktech. Sorbitol je považován za prekurzor výroby vitamínu C (Grembecka 2015).

3.6.2.1.2 Chemie a výroba

Sorbitol je izomerní polyol (Carocho et al. 2017). Vyrábí se z glukózy nebo sacharózy katalytickou hydrogenací plynným vodíkem pomocí niklového katalyzátoru za vysoké teploty. Také může být vyráběn pomocí elektrochemické redukce dextrózy v alkalickém prostředí (Grembecka 2015).

3.6.2.1.3 Metabolismus

Sorbitol je částečně absorbován v horní části gastrointestinálního traktu, kde dochází k trávení. Neabsorbovaná část je pak metabolizována střevními bakteriemi (Grembecka 2015).

3.6.2.1.4 Bezpečnost

Bezpečnost daného sladila je potvrzena velkým množstvím studií, kdy JECFA stanovila denní přijatelnou dávku na „neurčeno“ (Grembecka 2015). Avšak v roce 2016 jedna studie potvrdila, že sorbitol může být genotoxický. Jednalo se pouze o jednu z mnoha studií a byla považována za nevýznamnou. Potvrzen je fakt, že po konzumaci vyšších dávek sorbitolu, může dojít k laxativním účinkům (Carocho et al. 2017).

Sorbitol je nekariogenní, dokonce u něj byla potvrzena rezistence k trávení bakterií v dutině ústní, které rozkládají cukry a škroby k uvolnění kyselin, které mohou vést k tvorbě zubního kazu nebo narušit zubní sklovinu. (Grembecka 2015).

3.6.2.2 Mannitol

3.6.2.2.1 Charakteristika

Mannitol (E 421) se používá v potravinářském a farmaceutickém průmyslu. V potravinářství je užitečný pro svoji chladivou chuť. Ve farmaceutickém průmyslu se používá zejména v dentální hygieně, lécích a také jako diuretika v intravenózních tekutinách (Carocho et al. 2017). Mannitol se může používat jako surovina k výrobě bioetanolu. Relativní sladivost mannitolu je 0,5. Je typický vysokou stabilitou při vysokých teplotách a vysokém bodu tání (165 – 169 °C). Výhoda mannitolu je, že je nehygrokopický (Grembecka 2015).

3.6.2.2.2 Chemie a výroba

Mannitol je šesti uhlíkatý cukerný alkohol a izomerní polyol. Výroba je založena na katalytické hydrogenaci z glukózy a fruktózy v poměru 1 : 1. Získává se z inertního cukru nebo škrobu za vysoké teploty a tlaku. Nicméně tento proces poskytuje pouze 25 % mannitolu. A proto byly zkoumány nové procesy výroby, například s použitím heterofermentativních bakterií kyseliny mléčné. A v neposlední řadě se také zkoumaly cyanobakterie, které hráli důležitou roli při výrobě mannitolu. Mezi další vhodné zdroje, pro získávání mannitolu, patří přírodní produkty, jako jsou fíky, olivy, jedlé houby, mořské řasy a kvasinky (Grembecka 2015).

3.6.2.2.3 Metabolismus

Mannitol je špatně vstřebáván, a tak nedochází ke zvýšení krevní glukózy a poptávka na inzulín je tedy mnohem nižší než po konzumaci sacharózy. Vstřebá se pouze z 25 % v tenkém střevě a není metabolizován. Nicméně ve spodní části intestinálního traktu, střevní bakterie

pomalu metabolizují určitou neabsorbovanou část a konzumace mimořádně vysokých dávek může mít laxativní účinky (Grembecka 2015).

3.6.2.2.4 Bezpečnost

Mannitol je považován za bezpečné aditivum. Dokonce je považován za diuretikum a antioxidant. Dokáže vychytávat hydroxylové radikály a zajišťuje ochranu proti rakovině tlustého střeva. Při inhalaci mannitolu dochází k uvolnění hlenu a odkašlávání u astmatiků a dalších hypersekrečních onemocnění. Také dokáže zlepšit funkci ledvin a další výhodou je jeho nekariogenost (Grembecka 2015).

3.6.2.3 Isomalt

3.6.2.3.1 Charakteristika

Isomalt (E 953) je další sladidlo ze skupiny polyolů (Carocho et al. 2017). Poprvé byl objeven roku 1960 (Grembecka 2015). Jeho sladivost vůči sacharóze je 0,45 – 0,6. Isomalt se používá zejména do žvýkaček, želatin, čokolád, jogurtů a dalších potravin (Carocho et al. 2017). Isomalt je stabilní vůči vysoké teplotě, mírně hygroskopický a zvýrazňuje chuť v potravinách. Dále působí jako protispěškové činidlo. Na rozdíl od ostatních polyolů neposkytuje chladivou chuť v ústech (Grembecka 2015).

3.6.2.3.2 Chemie a výroba

Je vyroben ze sacharózy ve dvoustupňovém procesu, čímž se stává chemicky i enzymaticky více stabilním. Proces začíná enzymatickou transglukosidázou na maltulózu, která je následně hydrogenována na isomalt, což je kombinace dvou disacharidových alkoholů, a sice glukomannitolu a glukosorbitolu (Grembecka 2015).

3.6.2.3.3 Metabolismus

Isomalt je pomalu a pouze částečně tráven a absorbován v horní části trávicího traktu a neabsorbovaná část (cca 90 %) je fermentována střevní mikroflórou v tlustém střevu. Produkty bakteriální fermentace jsou krátké mastné kyseliny, CO₂, CH₄ a H₂. Díky částečnému trávení ve střevech, poskytuje pouze polovinu kalorické hodnoty, než sacharóza (Grembecka 2015).

3.6.2.3.4 Bezpečnost

Isomalt je schválen jako potravinářská přídatná látka, kde hodnota ADI je stanovena na „neurčeno“. Isomalt je nekariogenní, dokonce bývá obsažen v zubních pastách, protože zajišťuje remineralizaci zubů. Jako ostatní polyoly nezvyšuje krevní glukózu nebo hladinu inzulínu. In vitro studie prokázaly, že tento polyol je dobrým zdrojem butyrátu a zvyšuje počet bifidobakterií, tudíž ho lze považovat za prebiotikum (Grembecka 2015).

3.6.2.4 Maltitol

3.6.2.4.1 Charakteristika

Maltitol je znám pod kódem E 965. Ze všech polyolů, je právě maltitol nejvíce podobný chuti cukru (Carocho et al. 2017). Má příjemnou a čistou sladkou chuť, jejíž relativní sladivost je 0,9, ale její kalorická hodnota je 2,4 kcal/g. Neprochází procesem karamelizace, ani hnědnutím. Jeho chladicí efekt, který je pro polyoly typický, je u daného sladidla zanedbatelný. Maltitol se také užívá jako náhražku tuku, jelikož má krémovitou strukturu. Má nízkou hygroskopicitu a je velmi stabilní za vysoké teploty. Používá se zejména v pečivu a v produktech, kde jsou sníženy kalorie (Grembecka 2015). Kromě čokolád, žvýkaček, sladkostech se maltitol také používá v mléčných výrobcích (Carocho et al. 2017).

3.6.2.4.2 Chemie a výroba

Maltitol je také nazýván jako 4-O- α -D-glukopyranosyl-D-glucitol. Jedná se o disacharid, který se skládá z glukózy a sorbitolu. Získává se ze škrobu hydrogenací maltózy (Grembecka 2015).

3.6.2.4.3 Metabolismus

Absorpce maltitolu se pohybuje v rozmezí od 5 - 80 %, předcházející reakcí je hydrolýza, která vede ke vzniku glukózy a sorbitolu. Maltitol je pomalu tráven v tenkém střevě a neabsorbovaná část je metabolizována střevními bakteriemi (Grembecka 2015).

3.6.2.4.4 Bezpečnost

I přesto, že hodnota ADI byla stanovena na „neurčeno“. Uvádí se, že při 25 – 30 g maltitolu/kg tělesné hmotnosti za den dochází k laxativním účinkům. Maltitol jako každý jiný polyol je nekariogenní a jeho pomalou absorpcí je významně snížena inzulínová odpověď (Grembecka 2015).

3.6.2.5 Xylitol

3.6.2.5.1 Charakteristika

Xylitol je schválen jako potravinářská přídatná látka, pod E-kódem E 967 (Grembecka 2015). Poprvé byl syntetizován v roce 1891. Ze všech polyolů je xylitol nejsladší (Carocho et al. 2017). Má zhruba o třetinu méně kalorií, než sacharóza a také se vyznačuje nepříjemnou pachutí. I pro tento polyol je typický chladivý efekt (Grembecka 2015). Xylitol se také nachází v některých druzích ovoce a zeleniny (Carocho et al. 2017), zejména v bobulovitých rostlinách. V malém množství je produkován v lidském organismu. Xylitol se hojně používá v biomedicínských oborech. Lze jej používat v potravinách, léčivech, nutraceutikách (Grembecka 2015), zejména ve žvýkačkách a v pečivu (Carocho et al. 2017).

3.6.2.5.2 Chemie a výroba

Xylitol je pěti uhlíkatý polyol, který je produkován z D-xylózy (Grembecka 2015). Tato sloučenina se získává extrakcí z břízy i jiných dřevin, dále ze slupek mandlí, kukuřičného klasu a ze slámy či papíru (Carocho et al. 2017). Podobně jako u jiných cukerných alkoholů se xylitol vyrábí katalytickou hydrogenací (Grembecka 2015).

3.6.2.5.3 Metabolismus

Xylitol je přibližně z 50 % vstřebáván v tenkém střevě a jeho fermentace probíhající v tlustém střevě se pohybuje v rozmezí od 50 - 75 %. Xylitol může být metabolizován přímo v játrech nebo nepřímo degradací ve střevní mikrobiotě. Nepřímý metabolismus probíhá degradací neabsorbované části xylitolu střevními bakteriemi ve střevní mikrobiotě. Přímý metabolismus probíhá přes kyselinu glukoronovou v pentofosfátovém cyklu, kde část xylitolu prochází metabolickou cestou u savců v játrech (Grembecka 2015).

3.6.2.5.4 Bezpečnost

Pravidelná konzumace adekvátního množství snižuje tvorbu zubního kazu. Kromě snížení tvorby zubního kazu, také hraje důležitou roli pro snížení zubního plaku a inhibuje růst *Streptococcus mutans* a *Streptococcus sobrinus*, kteří jsou zodpovědní za tvorbu zubních kazů a plaku. Dokonce bylo prokázáno, že konzumací xylitolu v těhotenství, dochází ke snížení tvorby zubních kazů u dětí. Xylitol zvyšuje hodnotu pH v dutině ústní, což přispívá k remineralizaci zubů a také dobře vytváří komplexy s vápníkem, které hrajou v demineralizaci důležitou roli. Existují také studie, které potvrzují, že xylitol pomáhá snižovat výskyt ušních infekcí. Xylitol je používán jako zdroj energie v infuzní terapii. Dále

působí jako antioxidant v rybím oleji, jako dezinfekční činidlo a jako preventivní faktor adrenokortikální suprese během léčby steroidů (Grembecka 2015).

3.6.2.6 Laktitol

3.6.2.6.1 Charakteristika

Laktitol byl objeven v roce 1920 (Carocho et al. 2017). Laktitol má příjemnou a čistou chuť. Relativní sladivost je 0,4. Laktitol je dobře rozpustný a neúčastní se Maillardovy reakce. Může být skladován dlouhou dobu (Grembecka 2015). Vzhledem k omezené sladivosti, ve srovnání s ostatními polyoly, se často používá v kombinaci s intenzivními sladidly, jako je acesulfam K, sukralóza a nebo aspartam (Carocho et al. 2017). Chladivý efekt má však velmi nízký. Laktitol je nehygroskopický, stabilní při vysokých teplotách, v kyselém i zásaditém prostředí. Kromě sladidla se laktitol využívá také jako zahušťovadlo a emulgátor. Dále se používá v některých lécích, v potravinách určených pro diabetiky, nízkokalorických a nízkotučných potravinách. Také ve zmrzlinách, čokoládě, bonbónech, pečivu, žvýkačkách (Grembecka 2015).

3.6.2.6.2 Chemie a výroba

Jedná se o disacharid složený ze sorbitolu a galaktózy. Vyrábí se katalytickou hydrolyzou z laktózy pomocí katalyzátoru (Grembecka 2015).

3.6.2.6.3 Metabolismus

I přesto, že je vyráběn z laktózy, není hydrolyzován laktázou, ale rozkládá se ve střevní mikrobiotě. Laktitol je metabolizován bakteriemi v tlustém střevu, kde je přeměněn na biomasu, oxid uhličitý a v malém množství na vodík a organické kyseliny, které jsou dále metabolizovány, čímž se získá energie v množství 2 – 2,4 cal/g (Grembecka 2015).

3.6.2.6.4 Bezpečnost

Nadměrná konzumace může vyvolat laxativní účinky, ty jsou rozdílné v závislosti na věku, celkovém zdraví, stravě a četnosti užívání laktitolu. Laktitol má zanedbatelný vliv na hladinu krevní glukózy a může být metabolizován bez ovlivnění hladiny inzulínu. Podobně jako u jiných polyolů nepodporuje tvorbu zubního kazu. Laktitol také působí jako prebiotikum, protože pozitivně ovlivňuje růst prospěšných bakterií, jako jsou *Bifidobakteria* a *Laktobacilly*. Také redukuje hnilobné bakterie, produkci a absorpci amoniaku a snižuje pH střev. Laktitol je

aplikován při léčbě encefalopatie a střevní zácpy. I u laktitolu JECFA specifikovala hodnotu ADI na „neurčeno“ (Grembecka 2015).

3.7 Intenzivní sladidla vs. objemová sladidla

Jeden z nejvýznamějších rozdílů mezi intenzivními a objemovými sladidly je jejich obsah kalorií. Intenzivní sladidla neobsahují kalorie, kromě aspartamu, který poskytuje 4 kcal/g, ale z důvodu velmi nízké konzumace, vzhledem k jeho sladkosti je množství přijaté energie zanedbatelné. Zatímco polyoly obsahují od 0,2 – 2,7 kalorií na gram. Jednotlivý obsah kalorií je uveden v Tabulce č. 5 (Grembecka 2015).

Tabulka č. 5: Energetická hodnota sladidel v kcal/g

Sladidla	Energie (kcal / g)
Acesulfam K	0
Aspartam	4
Cyklamát	0
NHDC	0
Sacharin	0
Sukralóza	0
Thaumatín	0
Steviol-glykosidy	0
Erythritol	0,2
Isomalt	2
Laktitol	2,4
Maltitol	3,0
Mannitol	1,6
Sorbitol	2,5

Zdroj: Edwards et al. 2016

Na rozdíl od intenzivních sladidel, mohou polyoly zvyšovat hladinu glukózy v krvi, ovšem méně než cukr, což je způsobeno jejich neúplnou absorpcí v lidském organismu. Nicméně každý polyol je metabolizován různě, a tím pádem mají i různý vliv na hladinu glukózy v krvi. Obecně jsou polyoly z části tráveny ve střevech a neabsorbovaná část je pomalu metabolizována bakteriemi tlustého střeva za vzniku mastných kyselin s krátkým řetězcem. Většina intenzivních sladidel není metabolizována (Grembecka 2015).

Další odlišností je jejich sladivost. Polyoly jsou porovnávány s běžným stolním cukrem, který má 100 %. Sladivost polyolů se pohybuje od 25 % a výš. Zatímco intenzivní sladidla jsou zpravidla 30 – 13 000krát sladší než sacharóza (Grembecka 2015). Jednotlivé porovnání je uvedeno v Tabulce č. 1.

Další rozdíl je v použití. Intenzivní sladidla se používají pouze jako sladidla, zatímco objemová sladidla se využívají také jako stabilizátory, zahušťovadla apod. Navíc intenzivní sladidla často ponechávají v ústech nepříjemnou pachů, u polyolu tento efekt nebývá. Oba typy sladidel se mohou navzájem kombinovat (Grembecka 2015).

Dalším velkým rozdílem je jejich denní konzumace, kdy podle Nařízení Evropské komise č. 1333/2008 Sb. je u intenzivních sladidel stanovena hodnota ADI, zatímco polyoly jsou povoleny přidávat na úrovni *quantum satis*. I přesto, že nízko- a nekalorická sladidla jsou neustále kontroverzním tématem ohledně bezpečnosti, všechna zmíněná sladidla jsou schválena FDA a JECFA. A v rozumném množství mohou všechna sladidla pomáhat při DM a prevenci zubního kazu (Grembecka 2015). Jednotlivé hodnoty ADI jsou uvedeny v Tabulce č. 6.

Tabulka č. 6: Akceptovatelné denní množství jednotlivých sladidel (mg/kg za den).

Sladidla	ADI
Acesulfam K	9 ^a
Aspartam	40 ^a
Cyklamát	7 ^a
NHDC	5 ^a
Sacharin	5 ^a
Sukralóza	15 ^a
Neotam	2 ^b
Thaumatín	Neurčeno ^b
Steviol-glykosidy	4 ^a
Erythritol	Neurčeno ^b
Isomalt	Neurčeno ^b
Laktitol	Neurčeno ^b
Maltitol	Neurčeno ^b
Mannitol	Neurčeno ^b
Sorbitol	Neurčeno ^b

Zdroj: ^a Donne et al. 2017; ^b Bobrová 2008

3.8 Využití sladidel

V posledních letech jsou sladidla často používaná v potravinách, nápojích, léčivech a v kosmetických produktech (Li et al. 2018). V potravinářském průmyslu se často přidávají do pudinků, cukrovinek apod., jak je již zmíněno u jednotlivých sladidel. Jsou konzumována převážně diabetiky, jako stolní sladidla k oslazení čaje či kávy. Z velkého množství sladidel jsou povoleny pro potravinářský průmysl jen některé. Mezi nejčastěji používaná sladidla v potravinářském průmyslu patří sacharin a cyklamát (Karunathilaka et al. 2018).

3.8.1 Sladidla a jejich využití v nápojích

Sladidla jsou přidávána do nealkoholických nápojů za předpokladů, že pomáhají snižovat tělesnou hmotnost, nepodporují její zvýšení a jsou prospěšnější než cukr. Tyto nápoje jsou označovány jako dietní nebo „light“. Avšak mnoho studií potvrzují, že se nejedná o vhodnější alternativu (Swithers 2016).

3.8.2 Kombinace sladidel v nápojích

Výrobci často používají více druhů sladidel v nápojích, aby se přiblížili chuti cukru a minimalizovali jejich nepříjemnou pachut'. Při výrobě nápojů s přísadkou sladidel je také důležité zohlednit jejich jednotlivé vlastnosti. Pokud bychom chtěli v nápojích dosáhnout požadované sladké chuti například pouze sacharinem, musela by být použita dávka, která by překročila stanovené povolené množství, navíc by byl nápoj s kovovou chutí. Z tohoto důvodu se do nápojů často používají kombinace dvou a více sladidel, proto se většinou sacharin, acesulfam K a cyklamát sodný kombinuje s aspartamem, který výrazně vylepší vjem sladké chuti. Naproti tomu steviol-glykosid má poměrně čistou sladkou chuť, která má pomalejší nástup sladkosti a sladký efekt přetrvává delší dobu. Steviol-glykosid je také dobře rozpustný, pH a teplotně stabilní, proto je vhodným sladidlem v teplých i studených nápojích. Pomalý nástup sladké chuti s delším odezníváním má i sukralóza, proto se také používá při tvorbě nealkoholických nápojů (Gabrovská & Chýlková 2017).

3.8.3 Sladidla vs. cukr v nápojích

Nápoje slazené cukrem patří mezi jeden z hlavních zdrojů příjmu cukru. Nejvyšší příjem cukru byl zjištěn u dětí a adolescentů. Na základě studií byla potvrzena souvislost mezi příjmem nápojů obsahující cukry a obezitou nebo diabetem. Také existují náznaky, že při

pravidelné konzumaci těchto nápojů může docházet k metabolickému syndromu. Proto WHO vydala doporučení, aby nedocházelo k překročení denního příjmu, což je 5 % z celkové energie. Z tohoto důvodu je snaha propagovat více nápoje obsahující jeho alternativy (Seferidi et al. 2017). Vysoká konzumace nápojů obsahující cukry je považována tedy za rizikový faktor pro zvýšení tělesné hmotnosti a metabolického onemocnění. Zda riziko, může být sníženo přechodem na dietní nápoje je sporný, proto byly provedeny studie, které se danou problematikou zabývaly.

Nedávná studie trvající deset let prokázala, že konzumace dietních nápojů je spojována se zvýšeným rizikem onemocnění, jako je diabetes, kardiovaskulární onemocnění, hypertenze a mozkové mrtvice (Swithers 2016).

Z jiných studií dále vyplývá, že nápoje s nízkokalorickými sladidly nemusí zvyšovat celkový příjem energie při porovnání s obyčejnou vodou. U neobézních pacientů užívající dietní nápoje došlo ke snížení chuti na sladké potraviny, což ukazuje na sensorický efekt sytosti (Fantino et al. 2016).

V experimentu bylo samicím krys nejprve podáváno neomezené množství 10% roztoku sacharózy nebo čisté vody v krmivu po dobu čtyř a osmi týdnů. Poté se některým krysám dal roztok se sacharinem, jiné zůstaly na sacharóze nebo vodě. V daném experimentu se u krys, přijímající sacharin a běžnou vodu, energie a tělesná hmotnost relativně snížila vzhledem k požívání 10% roztoku sacharózy. Navíc krysy, které konzumovaly roztok sacharózy, vykazovaly horší citlivost na inzulín. Tyto výsledky dokazují, že při přechodu sacharózy na sacharin nebo běžnou vodu, došlo ke zlepšení metabolických a dokonce kognitivních opatření (Kendig et al. 2018). Jiná studie, která se zaměřila na spotřebu nápojů se sladidly a došla k závěru, že existuje pouze minimální rozdíl v denním příjmu energie ve srovnání s nápoji slazené sacharózou (Tey et al. 2017). Swithers (2016) uvádí, že konzumace dietních nápojů lze považovat za přijatelnější variantu ve srovnání s nápoji obsahující cukr, avšak pouze krátkodobě a výjimečně. Důležité je si uvědomit, že dietní nápoje nelze považovat za zdravou alternativu, protože při každodenní a dlouhodobé konzumaci bývají spojovány se vznikem diabetu a kardiovaskulárních onemocnění.

3.9 Vhodnost sladidel

Zda jsou sladidla považována za vhodnou alternativu místa cukru, je tedy velmi rozporuplné. Bylo provedeno velké množství studií, které se zaměřily na jejich bezpečné užívání. Také bylo zkoumáno, zda se skutečně jedná o vhodnou přídatnou látku ke snaze snížit tělesnou

hmotnost. O vhodnosti sladidel mají země různé názory, například v USA je schváleno šest umělých sladidel (acesulfam K, aspartam, neotam, sacharin, sukralóza a advantam). Zatímco v Evropské unii je schváleno rozsáhlejší množství sladidel (Lohner et al. 2017). Existuje mnoho studií, které potvrzují buď negativní, nebo pozitivní vliv sladidel u lidí. Avšak na základě dlouhodobých epidemiologických studií bylo potvrzeno, že umělá sladidla zvyšují některá zdravotní rizika (Swithers 2015). Níže jsou uvedeny konkrétní příklady zdravotních problémů po konzumaci těchto sladidel.

3.9.1 Nadváha a obezita aneb redukuje sladidla váhu

Nadváha a obezita patří mezi závažné zdravotní problémy vyskytující se po celém světě. Jedná se o rizikové faktory pro onemocnění srdce, vzniku diabetu, několika druhů rakoviny, hypertenze, artritidy a dalších problémů. Dle světové zdravotnické organizace se v roce 2008 potýkalo s těmito problémy zhruba 1,5 miliardy dospělých lidí, z nichž 500 milionů již obezitou trpí (Abo Elnaga et al. 2016).

Lidé začali kupovat umělá sladidla z důvodu snížení či udržení tělesné hmotnosti. Jelikož cukr obsahuje velké množství rychle vstřebatelných sacharidů, které vedou k nadměrnému příjmu energie, zvýšení tělesné hmotnosti a metabolickému syndromu. Cukr je považován za jednu z hlavních příčin zvýšení počtu obézních lidí. Avšak bylo prokázáno, že umělá sladidla také nepomáhají snižovat tělesnou hmotnost (Yang 2010).

Studie potvrdily, že sladká chuť dodávaná zmíněnými umělými sladidly, může zmást fyziologické mechanismy, což vede ke zvýšení energie a příjmu cukrů. Nejvýraznější účinek měl aspartam, jelikož neposkytuje nežádoucí hořkou pachut' (Yang 2010). Z výsledků další studie vyplývá, že umělá sladidla nepomáhají k redukcii tělesné hmotnosti (Swithers 2015). Jiná studie zaměřená na vliv nízko- a nekalorických sladidel a tělesnou hmotnost byla spojena se zvýšeným rizikem nadváhy a obezity. Účastníci této studie konzumovali 7 – 8 let nápoje slazené umělými sladidly. U skupiny účastníků, kteří měli optimální výchozí váhu, došlo ke zvýšení rizika nadváhy a u druhé skupiny účastníků mající nadváhu se potvrdilo zvýšení rizika obezity (Swithers 2015). Další studie potvrzují, že u zvířat užívajících umělá sladidla došlo kromě zvýšení tělesné hmotnosti, také k fyziologickým změnám. Mezi zmíněné fyziologické změny patří snížené uvolňování inzulínového hormonu GLP-1, který se podílí na regulaci příjmu potravy, hladinách cukru v krvi a ochraně kardiovaskulárního systému. Pokud by byly hladiny GLP-1 neustále snižovány konzumací umělých sladidel, pak by se zvýšila dlouhodobá rizika spojena například s DM a kardiovaskulárními onemocněními (Swithers 2015).

Raben et al. (2002) uvádí však odlišný názor. Jeho studie spočívala v konzumaci nápojů se sacharózou a umělými sladidly po dobu 10 týdnů. U skupiny konzumující nápoj se sacharózou došlo ke zvýšení celkové energie, samotné sacharózy a příjmu sacharidů. Zatímco u skupiny konzumující nápoj se sladidly, došlo ke snížení příjmu sacharózy a celkové energie (Raben et al. 2002).

Další provedená studie se zaměřila na sladidlo stéviu, která byla podávána potkanům v různých dávkách a porovnávala se s kontrolní skupinou sacharózy. Průměrný přírůstek tělesné hmotnosti potkanů přijímající stéviu, byl během prvních dvou týdnů mírně zvýšen. V dalších týdnech došlo ke snížení, což může být i z důvodu nepřítomnosti rychlého uvolňování glukózy nebo sníženým kalorickým příjmem potkanů. Zatímco u skupiny potkanů, která přijímala sacharózu, se tělesná hmotnost zvýšila, u některých až o 1,6 kg. Dále bylo zjištěno, že tělesná hmotnost potkanů, kteří přijímali 5,0 mg/kg steviosidu, byla výrazně snížena ve srovnání s potkany, kteří steviosid nekonzumovali. Tento objev mohl být také způsoben zhoršenou chutí na jídlo z důvodu vysokého množství steviosidu. U skupiny potkanů užívající nekalorické sladidlo došlo ke snížení BMI, zatímco u skupiny potkanů konzumující sacharózu došlo ke zvýšení BMI. Z této studie bylo potvrzeno, že ne všechna nízkokalorická sladidla musí stimulovat chuť k jídlu a docházet ke zvýšenému příjmu kalorií, a tedy ke zvýšení tělesné hmotnosti (Abo-Elnaga et al. 2016).

Za posledních 30 let byl vliv konzumace nízkokalorických sladidel na energetický příjem a tělesnou hmotnost předmětem mnoha studií. I přesto neexistuje jednoznačná shoda, mnoho studií uvádí pozitivní vliv na redukci tělesné hmotnosti a jiné potvrzují vliv opačný (Rogers et al. 2016). Je důležité brát v potaz, že studie poskytující pozitivní vliv na snížení tělesné hmotnosti jsou staršího data, než experimenty, které potvrzují zvýšení tělesné hmotnosti po konzumaci sladidel.

Z přezkoumaných důkazů vyplývá, že pokud jsou nízko- a nekalorická sladidla užívána rozumně, mohou usnadnit snížení příjmu přidaného cukru, což vede ke snížení celkové hmotnosti. Avšak za podmínky že nedojde ke kompenzačnímu zvýšení energetického příjmu z jiných zdrojů. Důležité je zabránit kompenzačnímu příjmu energie, jelikož bylo potvrzeno, že dietní nápoj vedl k poklesu zhruba 100kcal, ale v průběhu dne došlo ke zvýšení chuti k jídlu, což způsobilo příjem dalších 50, 100 nebo dokonce 200kcal. Bylo potvrzeno, že ke kompenzaci energie dochází zejména u potravin obsahující nízko- a neenergetická sladidla, než u nápojů s nízko- a neenergetickými sladidly (Gardner et al. 2012).

3.9.2 Kariogenita

Zubní kaz patří mezi běžné choroby. Jedná se o infekční nemoc vyskytující se po celém světě. Její nárůst je spojen se zvýšenou dostupností cukru, který dosáhl nejvyšší úrovně mezi padesátými a počátkem sedmdesátých let. Od poloviny sedmdesátých let klesá prevalence zubního kazu ve vyspělých zemích, ale neustále představuje riziko v rozvojových zemích. Za prevenci je považován fluorid, zejména tedy fluorid v zubní pastě (Mitchell 2006).

Příčiny tvorby zubního kazu jsou vyskytující se bakterie, zejména *Streptococcus mutans*, v dutině ústní, respektive v zubním plaku. Tyto bakterie přeměňují přijaté sacharidy na organické kyseliny a při pH 5.5 dochází ke ztrátě vápenatých a fosfátových iontů, tedy k demineralizaci povrchu skloviny. Avšak před tímto stupněm může dojít k remineralizaci a proces se stává reversibilním. Existuje mnoho studií potvrzující, že hlavní příčina tvorby zubního kazu je cukr, avšak není jediným faktorem, který tvorbě zubního kazu přispívá (Mitchell 2006).

Bylo prokázáno, že sladidla jsou účinná k prevenci zubních kazů, protože většina z nich není přeměněna na kyseliny, které jsou zodpovědné za tvorbu zubního kazu. Dokonce některé z nich zlepšují pórovitost biofilmu, což vede ke vzniku tenkého, pórovitého a zdravějšího plaku. Dané tvrzení platí pro nekalorická sladidla i kalorická sladidla (Razak et al. 2017).

3.9.3 Střevní mikrobiota

Ačkoliv jsou umělá sladidla široce používaná v potravinářském průmyslu, jejich efekt na lidské zdraví je neustále sporným tématem. Je známo, že střevní mikrobiota hraje klíčovou roli pro lidské zdraví a nedávné studie odhalily, že některá umělá sladidla mohou mít pozitivní, ale i negativní vliv na střevní mikrobiotu. Pokud dojde k nežádoucí změně střevní mikrobioty, může přispět ke vzniku glukózové intolerance (Chi et al. 2018).

Studie v roce 1980 uvádí souvislost mezi užíváním nízkokalorických sladidel se změnami střevních bakterií in vitro, což dokazuje, že nízkokalorická sladidla mají vliv na střevní mikrobiotu. Bylo prokázáno, že příjem laktitolu nebo maltitolu hojně zvyšuje některé prospěšné bakterie, jako jsou *Lactobacily* nebo *bifidobakterie*, a tak je lze považovat za prebiotika. Dále bylo potvrzeno, že konzumace xylitolu pozitivně ovlivňuje metabolickou aktivitu střevních bakterií (Daly et al. 2016).

Zde jsou uvedeny konkrétní příklady, jednotlivých sladidel. Splenda, která obsahuje zhruba 1 % sukralózy, byla podávána hlodavcům po dobu 12 týdnů. Po uplynutí této doby u nich došlo ke snížení počtu střevních bakterií. Dalším zkoumaným sladidlem byl acesulfam

draselný, u kterého opět došlo ke změně počtu střevních bakterií (Rother et al. 2018). Z důvodů zvýšené spotřeby sukralózy a acesulfamu K byly provedeny další studie. Uebanso et al. (2017) uvádí, že pouze u sukralózy došlo při denním maximálním příjmu hladin ADI k ovlivnění určitých střevních bakterií, zatímco u acesulfamu K ke změně počtu střevních bakterií nedošlo (Uebanso et al. 2017). Další experiment potvrdil, že po jedenácti týdenní konzumaci sacharinu došlo k funkčním změnám ve střevní mikrobiotě u myší. V podobné studii byli potkani vystaveni konzumaci aspartamu po dobu 8 týdnů, i zde došlo ke změně střevní mikrobioty. Je důležité zmínit, že tyto nežádoucí účinky byly potvrzeny na hlodavcích, nikoliv na lidech (Rother et al. 2018). Studie byly provedeny i na lidech, ale z důvodu nižšího počtu respondentů byly výsledky považovány za nedostačující. I přes mnoho epidemiologických studií ukazující souvislost mezi příjmem sladidel a metabolických poruch u pokusných zvířat, lze uvést, že sladidla nevyvolávají metabolické poruchy u lidí (Pepino 2015).

3.9.4 Diabetes mellitus

Nedávné studie publikované IDF Diabetes Atlas uvádí, že zhruba 382 milionů lidí po celém světě postihuje onemocnění diabetes mellitus. Očekává se, že bude docházet k neustálému zvýšení. Odhaduje se, že v roce 2035 počet lidí trpící DM bude o 55 % vyšší, což vychází na 592 milion lidí (Aggarwal et al. 2016). Pokud sladidla přispívají k nárůstu tělesné hmotnosti a obezité, může dojít i ke vzniku vedlejších příznaků, kterými může být právě diabetes (Meni et al. 2015).

Při vyhodnocení osmi studií týkající se vhodnosti sladidel pro diabetiky, splnila všechna sladidla veškerá kritéria pro jejich schválení. Bylo zjištěno, že sladidla nemají žádný vliv na glykemickou odpověď u diabetiků. Pouze jedna studie u sladidla sukralózy zaznamenala pokles plazmatické glukózy při jejím užívání. Pokud se lidé trpící diabetem rozhodnou užívat potraviny obsahující schválená sladidla, je důležité vzít v potaz, že dané potraviny mohou obsahovat energii a sacharidy z původních zdrojů (Franz et al. 2010).

V roce 2010 Americká dietetická asociace dospěla k závěru, že nízko- a nekalorická sladidla neovlivňují glykemickou odpověď u lidí s diabetem (Gardner et al. 2012).

Nízkokalorická sladidla poskytují alternativu k přidaným cukrům a mohou usnadnit snížení či udržení tělesné hmotnosti omezením příjmu kalorií u diabetiků. Výzkum naznačuje, že nízko- a nekalorická sladidla mohou sloužit k prevenci a léčbě diabetu. Nahrazení cukru nízko- a nekalorickými sladidly poskytuje pacientům s diabetem 2. typu větší možnosti ve svých zdravotních cílech a osobních dietních preferencích (Johnston et al. 2013).

Nízko a neenergetická sladidla, která jsou schválená FDA, jsou považována za bezpečnou volbu pro spotřebu osobám trpícím diabetem, jelikož nezvyšují hladinu glukózy v krvi a nabízí bezpečnou alternativu k přírodním cukrům (Johnston et al. 2013). Za bezpečné sladidlo pro diabetiky je považována stevie, dokonce bylo prokázáno, že slouží k prevenci kardiovaskulárních onemocnění u pacientů trpících diabetem (Ritu & Nandini 2016).

3.9.4.1 Glukózová intolerance

Nedávné studie dospěly k závěru, že umělá sladidla mohou zapříčinit intoleranci glukózy, jelikož ovlivňují bakterie ve střevní mikrobiotě. Což bylo potvrzeno na myších, kterým byla podávána umělá sladidla, resp. sacharin, sukralóza a aspartam. Tato sladidla se dostanou do tlustého střeva, kde přímo reagují se střevními bakteriemi a vyvolávají tak její změny až dojde k metabolickým poruchám (Daly et al. 2016).

Nejvíce zkoumaným sladidlem z důvodů velké spotřeby byl sacharin. Sacharin byl podáván myším 11 týdnů a po uplynutí této doby došlo ke snížení glukózové tolerance (rizikový marker pro diabetes) ve srovnání s kontrolními vzorky. Jelikož sacharin vykazoval největší vliv na glukózovou toleranci, byl podroben dalšímu zkoumání. A tak bylo zjištěno, že při konzumování komerčního sacharinu a čistého sacharinu v dávce 5 mg/kg tělesné hmotnosti za den po dobu 11 týdnů došlo k oslabení glukózové tolerance, jak u štíhlých, tak obézních myší ve srovnání s kontrolní skupinou. To bylo potvrzeno pouze u myší. Lze předpokládat, že tento vliv může být způsoben jinou střevní mikrobiotou u myší. Další studie byla provedena na lidech, které se zúčastnilo sedm zdravých respondentů, kteří běžně sladidla nekonzumovali. Účastníkům bylo podáváno 5 mg sacharinu/kg tělesné hmotnosti za den, a sice 5 dní. U čtyř účastníků na konci léčby došlo ke snížení glukózové tolerance. Autoři se shodli na výsledku, že po konzumaci maximální dávky sacharinu dochází ke snížení glukózové tolerance, nicméně studii nelze považovat za dostačující, jelikož měla malý počet účastníků. Tomu předcházela experiment, který zahrnoval tři nízkokalorická sladidla, která byla zkombinována dohromady, jednalo se o sacharin, sukralózu a aspartam, kdy kontrolním vzorkem byla voda. U této kombinace sladidel došlo k mírnějšímu snížení glukózové tolerance. Lze předpokládat, že za snížení glukózové tolerance je právě již zmíněný sacharin. Dále však záleží na chemii a metabolismu jednotlivých sladidel, který je zpravidla u každého z nich odlišný. Navíc existuje mnoho studií, které jsou s tímhle tvrzením v rozporu (Miller 2015).

4 Praktická část

Praktická část je rozdělena na dvě části. První část je zaměřena na tvorbu a vyhodnocení dotazníku, jehož hlavním cílem je zjistit preferenci nízko- a neenergetických sladidel u konzumentů v ČR a vyhodnotit stanovené hypotézy. Součástí dotazníku je i průzkum trhu. V druhé části je provedena sensorická analýza vybraných sladidel pro ověření jejich preference.

4.1 Materiál a metody

4.1.1 Metodika dotazníkového šetření

4.1.1.1 Tvorba dotazníku

Základem tvorby dotazníku je stanovení hlavních cílů. Za vhodnou délku dotazníku je považováno dvacet až třicet otázek. Otázky by měly být jednoznačné, srozumitelné, stručné a validní. Existují různé typy otázek. Otázky otevřené, uzavřené a polozavřené. V otevřených otázkách dotazovaná osoba odpovídá vlastními slovy. V uzavřených otázkách dotazovaná osoba vybere předpřipravenou odpověď. Poslední typ je kombinace otevřených a uzavřených otázek (Malý 2007).

Dotazník byl zaměřen na preferenci nízko- a neenergetických sladidel u konzumentů v České republice. Dotazník obsahuje 20 otázek různého typu. Nejprve byl dotazník zaměřen na stolní sladidla, a poté na produkty obsahující nízko- a neenergetická sladidla. Vzor dotazníku je uveden v Příloze č. 1.

4.1.1.2 Technika sběru dat

Dotazník byl vytvořen písemně, kdy dotazování proběhlo pomocí osobní a elektronické distribuce, vše anonymně. Nejprve proběhl předvýzkum, kdy jsem dotazník rozdala dvaceti osobám a na základě jejich připomínek udělala korekci. Poté jsem již dotazník zveřejnila na sociálních sítích a část rozdala v nemocnicích, abych zajistila i osoby trpící onemocněním diabetes mellitus, pro které byl dotazník také vytvořen, zejména jeho první část.

K vypracování dotazníku byl použit Microsoft Office Excel 2007.

4.1.1.3 Profil respondentů

Celkově se dotazníkového šetření zúčastnilo 105 respondentů, kteří odpovídali na konkrétní otázky. Osloveni byli převážně respondenti s diabetem, abych mohla potvrdit či vyvrátit jednu ze stanovených hypotéz. Další důležitou částí respondentů byla i zdravá populace.

4.1.2 Metodika senzorické analýzy

Byla provedena senzorická analýza pěti sladidel:

1. Irbis Stévie
2. Irbis Sukralóza
3. Irbis Aspartam
4. FAN Sladidla Sacharin
5. Cukr kostkový

Nejprve proběhla pořadová preferenční zkouška (ČSN ISO 8587) a poté senzorické hodnocení sladidel profilovými metodami (ČSN EN ISO 13299).

Senzorickou analýzu prováděl panel dvaceti hodnotitelů ve věku 23 - 40 let. Hodnotitelům bylo předloženo 5 vzorků sladidel. Jednotlivá sladidla byla v kádinkách označených číselným kódem rozpuštěna ve 200 ml vody. Bylo rozpuštěno takové množství sladidel, které odpovídalo stejné sladivosti všech sladidel. Každý hodnotitel měl k dispozici dostatečné množství vzorku. Vzor formuláře senzorického hodnocení vybraných sladidel je uveden v Příloze č. 2. Formulář byl rozdělen na dvě části, kde v první části měli hodnotitelé za úkol rozdělit vzorky od nejlepšího po nejhorší a zaznamenat rozdíly mezi jednotlivými vzorky. Ve druhé části byla využita grafická lineární nestrukturovaná stupnice o délce 100 mm, na kterou hodnotitelé zaznamenávali vnímání jednotlivých deskriptorů. Mezi jednotlivé hodnocené deskriptory patřily celkový vjem příjemnosti chuti, intenzita sladké chuti a přítomnost pachuti. Zpracování výsledků proběhlo pomocí programu Microsoft Excel 2007 a programu STATISTICA. Pořadová zkouška byla vyhodnocena na hladině pravděpodobnosti 0,05 pomocí Friedmanova testu. K výpočtu byl použit následující vzorec:

$$F = \frac{12}{JP(P+1)} (R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 + \dots + R_p^2) - 3J(P+1)$$

J – počet posuzovatelů

P- počet vzorků

$R_1, R_2, R_3 \dots R_p$ – pořadové součty přiřazené P vzorků, J posuzovateli

F – Friedmanovo kritérium

F_{krit} – kritická hodnota Friedmanova kritéria

$F \geq F_{krit}$ mezi vzorky je významný celkový rozdíl

A pro porovnání dvou vzorků Friedmanovou zkouškou platí vztah:

$$R_i - R_j \geq 1,960 \sqrt{\frac{JP(P+1)}{6}}$$

i a j – dva hodnocené vzorky

R_i a R_j – součty pořadí vzorků i a j

Kritická hodnota Friedmanova kritéria byla získána z tabulky, která je uvedena v Příloze č. 3.

Z výsledků profilových metod byl spočítán průměr a směrodatná odchylka. Pomocí programu STATISTICA byla vyhodnocena jednofaktorová ANOVA, která slouží ke zjištění závislosti mezi druhem sladidla a daným sledovaným deskriptorem.

5 Výsledky

5.1 Výsledky dotazníkového šetření

Výsledky dotazníkového šetření byly rozděleny do několika částí. První část (5.1.1.) byla zaměřena na identifikační otázky respondentů, které sloužily k informování počtu respondentů, pohlaví, věku a stupně dosaženého vzdělání. Další část (5.1.2) byla zaměřena na stolní sladidla. Poslední část (5.1.3) pojednávala o potravinách obsahující nízko- a neenergetická sladidla.

5.1.1 Identifikační otázky

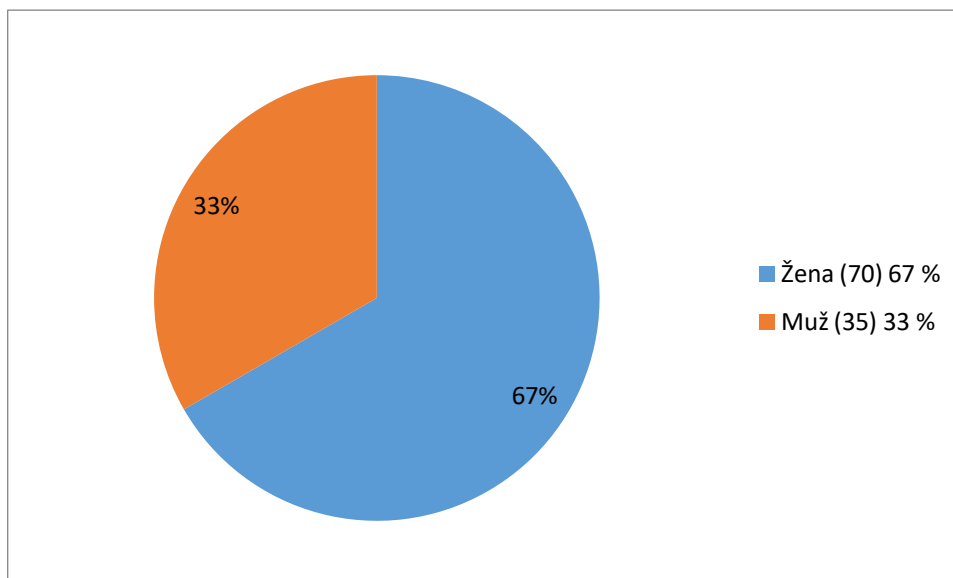
V této části byly vyhodnoceny otázky č. 18 - 20, které byly zaměřeny na pohlaví, věk a stupeň dosaženého vzdělání.

Pohlaví respondentů

Z níže uvedené tabulky vyplývá, že dotazníkového šetření se zúčastnilo 105 respondentů, což je 100 %. Z celkového množství bylo 70 (67 %) žen a 35 (33 %) mužů (Tabulka č. 7). Poté byl uveden výsečový graf, z kterého je patrné, že v dotazníkovém šetření je více, jak polovina respondentů ženského pohlaví (Graf č. 1).

Tabulka č. 7: Pohlaví respondentů

Odpořed'	Abslutní řetnost	Relativní řetnost (%)
řena	70	67
Muř	35	33
Suma	105	100



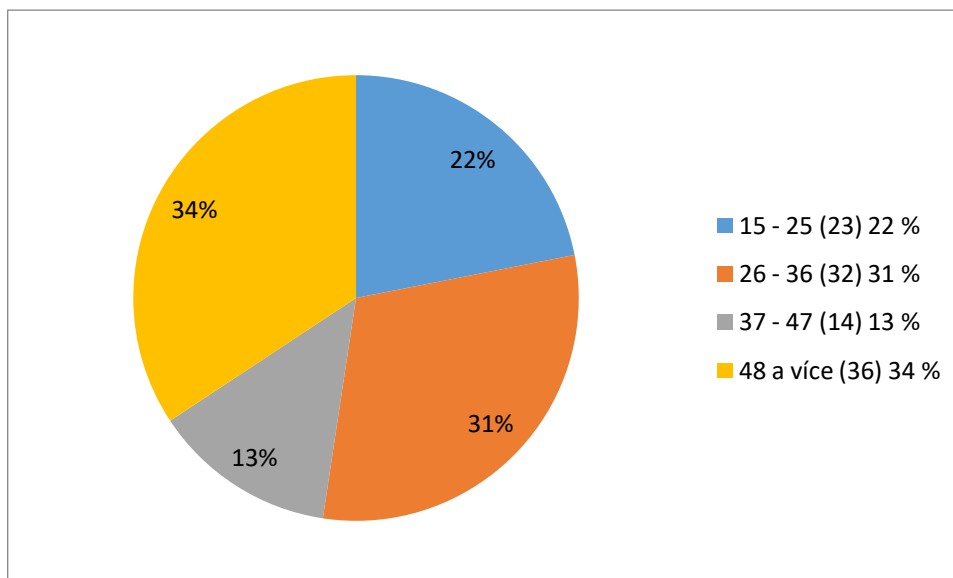
Graf č. 1: Pohlaví respondentů

Věk

Věková skladba respondentů byla různorodá. Nejméně respondentů bylo ve věku 37 – 47 let, v jejímž rozpětí se nacházelo pouze 14 dotázaných (13 %). Následovala skupina lidí ve věku 15 – 25 let, kde bylo 23 respondentů (22 %). Poté kategorie ve věku 26 – 36 let s 32 dotázaných (31 %). Nejvíce lidí bylo nad 48 let, a sice 36 respondentů (34 %). Uvedené výsledky jsou zobrazeny v Tabulce č. 8 a Grafu č. 2.

Tabulka č. 8: Věková kategorie

Odpověď	Absolutní četnost	Relativní četnost (%)
15 – 25	23	22
26 – 36	32	31
37 – 47	14	13
48 a více	36	34
Suma	105	100



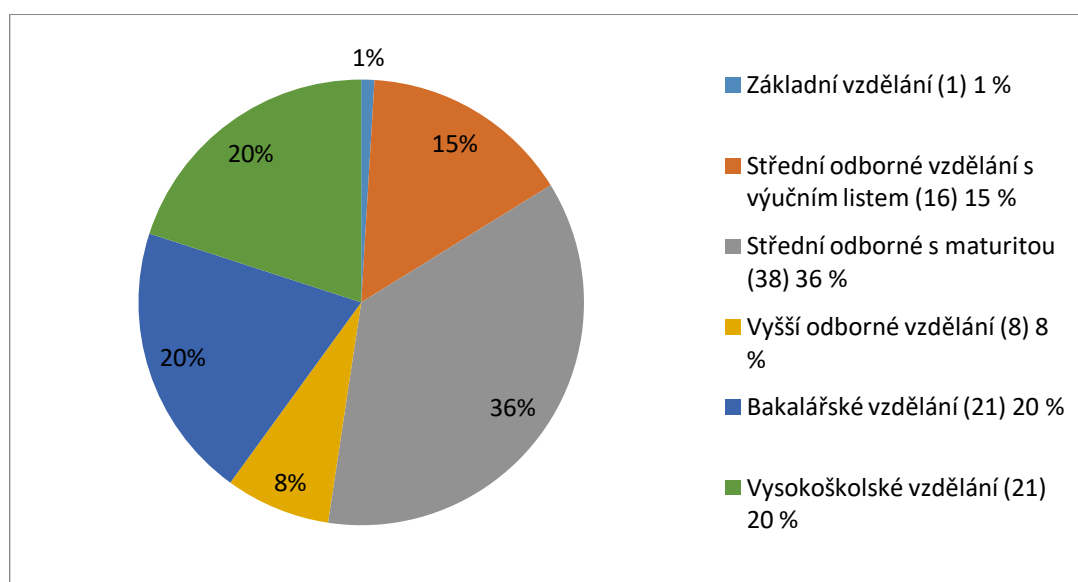
Graf č. 2: Věková kategorie

Stupeň dosaženého vzdělání

Daná otázka zjišťovala stupeň dosaženého vzdělání u dotazovaných osob. Nejvíce respondentů mělo střední odborné vzdělání s maturitou, a sice 36 % (38 respondentů). Následovali respondenti s bakalářským a středoškolským vzdělání, kterých se zúčastnilo stejné množství respondentů, přesněji 21 dotazovaných (20 %). Podobné množství respondentů bylo i u osob se středním odborným vzděláním s výučním listem, kterých bylo 15 % (16 respondentů). Nejméně dotazovaných bylo u vyššího odborného vzdělání, a sice 8 respondentů, což činí 8 %. Stupeň dosaženého vzdělání u respondentů je uvedeno v Tabulce č. 9 a Grafu č. 3.

Tabulka č. 9: Stupeň dosaženého vzdělání

Odpověď	Absolutní četnost	Relativní četnost (%)
Základní vzdělání	1	1
Střední odborné vzdělání s výučním listem	16	15
Střední odborné s maturitou	38	36
Vyšší odborné vzdělání	8	8
Bakalářské vzdělání	21	20
Vysokoškolské vzdělání	21	20
Vysokoškolské doktorské vzdělání	0	0
Suma	105	100



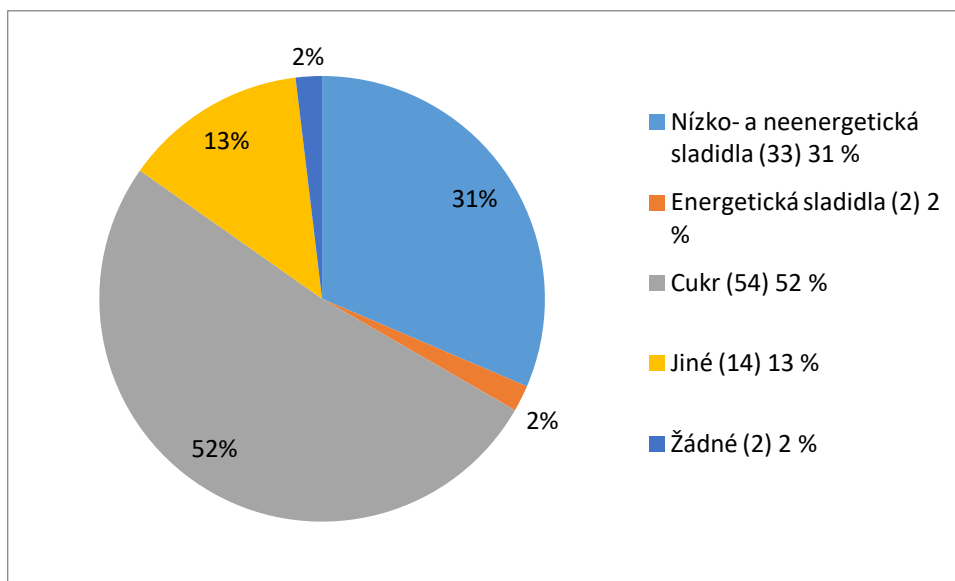
Graf č. 3: Stupeň dosaženého vzdělání

5.1.2 Stolní sladidla

Důležitou otázkou byla otázka číslo 1, která byla pro všechny respondenty povinná a sloužila ke zjištění preferovaných sladidel.

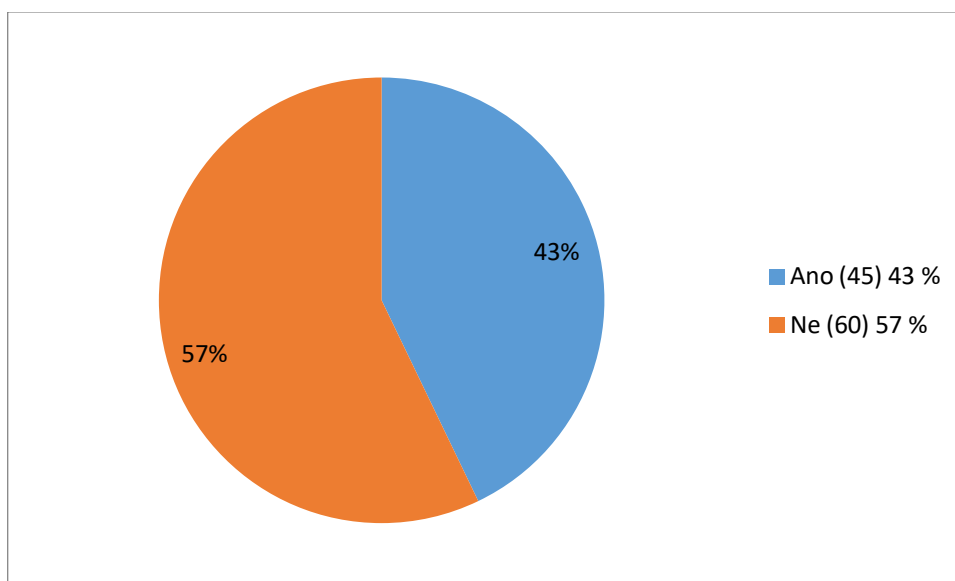
Z celkového počtu 105 respondentů si 54 respondentů (52 %) vybralo za preferované sladidlo cukr. Následovala nízko- a neenergetická sladidla s 33 respondenty (31 %). Energetická sladidla preferují pouze 2 respondenti (2 %). Ostatní respondenti zvolili možnost jiné, kde byl

uveden zejména med. Nepatrná část respondentů nepreferuje žádná sladidla. Vyhodnocení dané otázky je uvedeno v Grafu č. 4.



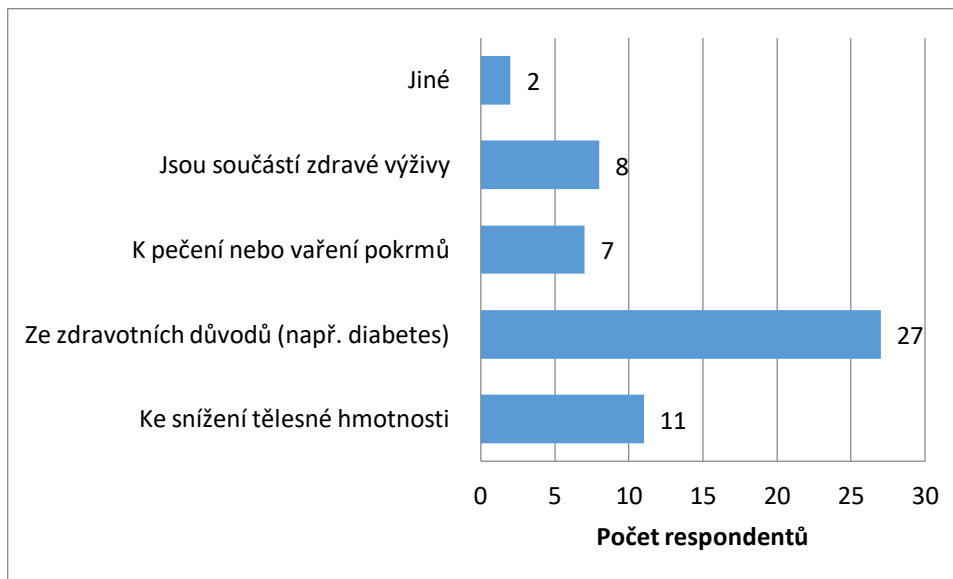
Graf č. 4: Preferované sladidlo

Průřezová a povinná otázka byla, zda dotazované osoby nakupují stolní sladidla jako náhražku cukru. Odpověď „ne“ zazněla u 60 respondentů (57 %) a zbylá část, která činí 45 respondentů (43 %) odpovědělo, že stolní sladidla nakupují. Na otázky číslo 3 – 6 odpovídali pouze respondenti, kteří zaškrtnuli možnost, že stolní sladidla nakupují.



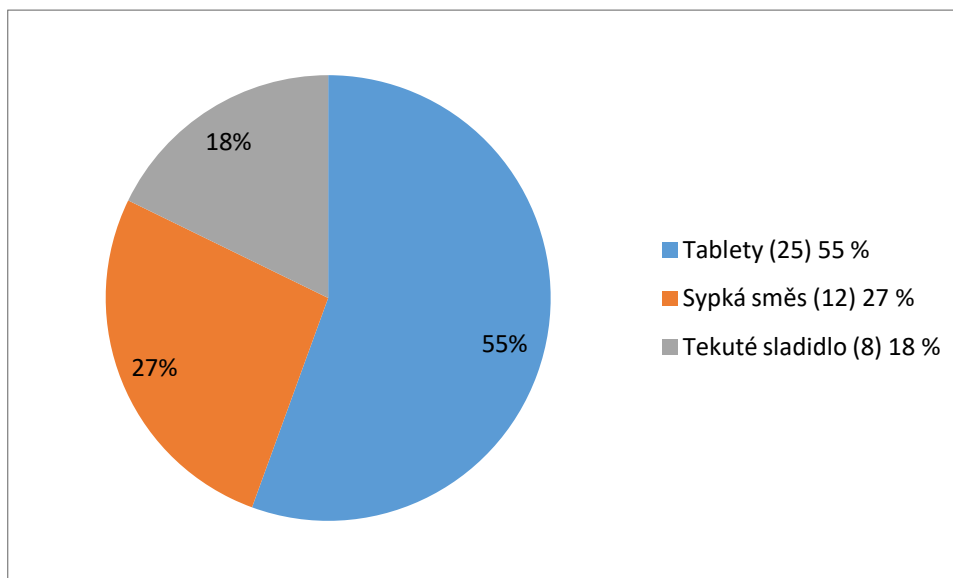
Graf č. 5: Stolní sladidla

Na otázku z jakých důvodů respondenti užívají stolní sladidla, odpovídala pouze část respondentů, kteří stolní sladidla konzumují (45 respondentů). Bylo možné vybrat i více odpovědí. Z Grafu č. 6 vyplývá, že stolní sladidla nejvíce nakupují lidé se zdravotními problémy, čímž byl diabetes. Stolní sladidla jsou dále užívána z důvodu snížení tělesné hmotnosti. Třetím hlavním důvodem užívání stolních sladidel byl předpoklad lidí, že sladidla jsou považována za zdravou alternativu cukru.



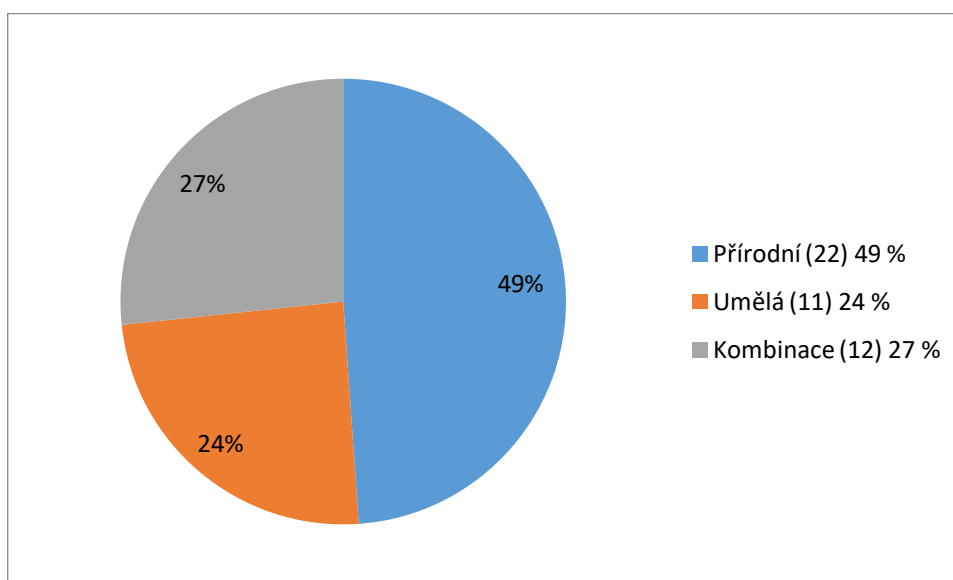
Graf č. 6: Důvod užívání stolních sladidel

Z Grafu č. 7 vyplývá, že stolní sladidla jsou nakupována zejména ve formě tablet. Odpovědělo tak 25 respondentů (55 %). Poté byla preferována stolní sladidla ve formě sypké směsi, které preferuje 12 dotazovaných osob (27 %). Nejméně oblíbená sladidla byla vybrána v tekuté formě, které si vybralo pouze 8 dotázaných lidí, tedy 18 %.



Graf č. 7: Forma sladidel

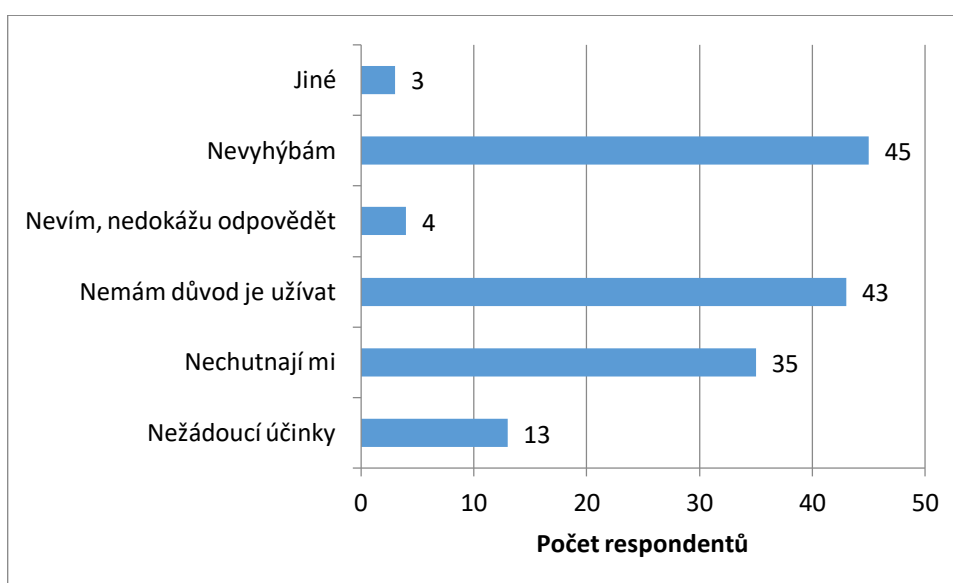
Z Grafu č. 8 je patrné, že lidé nakupující stolní sladidla preferují zejména přírodní stolní sladidla, jelikož si je vybralo 22 respondentů (49 %). Nejhůře dopadla stolní umělá sladidla, která si zvolilo 11 respondentů (24 %). V nabídce byla i kombinace již zmíněných sladidel, která jsou nakupována obdobně, jako stolní sladidla umělá, vybralo si je 12 respondentů (27 %).



Graf č. 8: Preferovaná stolní sladidla

Další otázka byla otevřená, kde dotazované osoby měly napsat, jaká stolní sladidla užívají (preferují). Nejčastěji byla zmíněna stévie, poté sacharin. Z dalších používaných sladidel byl vypsán erythritol a sorbit.

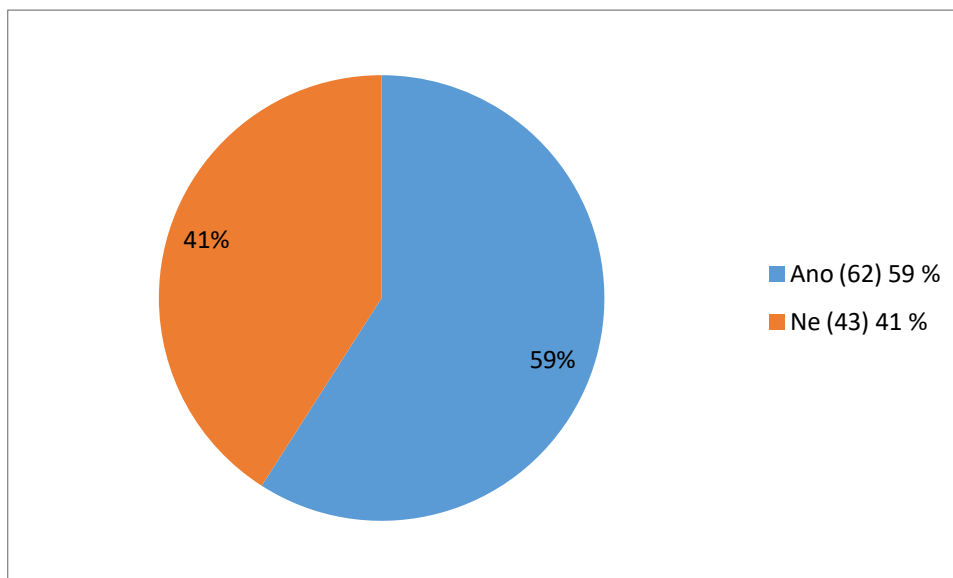
Z předchozích údajů vyplývá, že 45 respondentů neodmítala stolní sladidla. Zbylá část respondentů uvedla, že nemá důvod stolní sladidla užívat. Mezi důvody odmítání stolních sladidel patří pravděpodobně jejich nepříjemná pachů, protože převážná část respondentů zaškrtnula odpověď, že jim sladidla nechutnají. A dalším důvodem byla obava z jejich nežádoucích účinků.



Graf č. 9: Důvody nekonzumování stolních sladidel

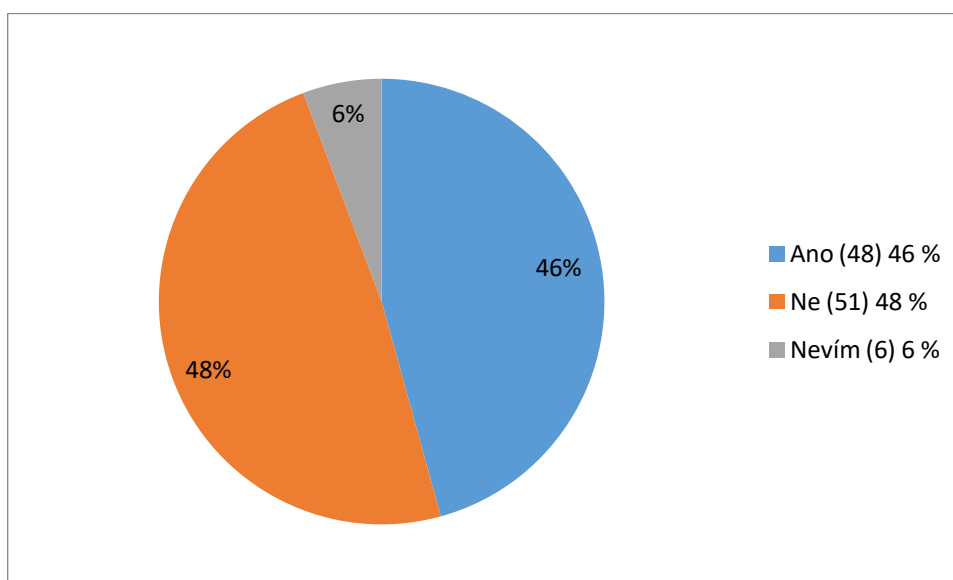
5.1.3 Potraviny obsahující sladidla

Zda lidé čtou etikety při koupi výrobků obsahující nízko- a neenergetická sladidla odpovědělo 62 respondentů (59 %) kladně. Zbylých 43 respondentů (41 %) etikety při nakupování nevnímají.



Graf č. 10: Vnímání etiket

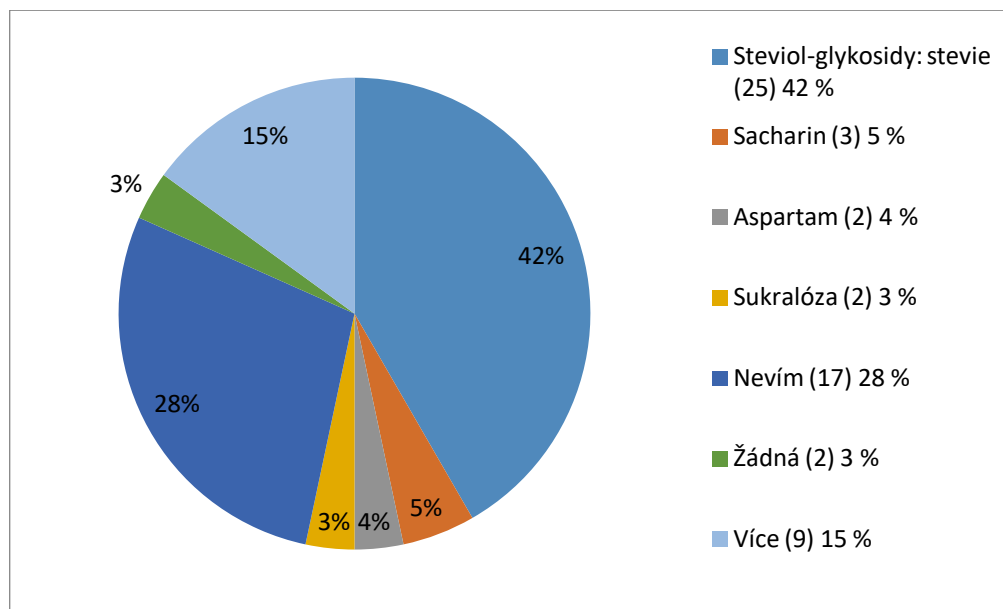
Graf č. 11 poukazuje na konzumování „light“ nápojů. Lidé nakupují „light“ nápoje nebo potraviny podobně často jako běžné potraviny. O 2 % jsou preferovány běžné potraviny, na rozdíl od „light“ výrobků. Mezi hlavní důvod odmítání těchto nápojů či potravin patřila jejich nežádoucí chuť, jelikož respondenti odpověděli, že jim tyto výrobky nechutnají. Šest lidí uvedlo, že netuší, zda jejich výrobky nízko- a neenergetická sladidla obsahují.



Graf č. 11: Konzumování „light“ nápojů nebo potravin

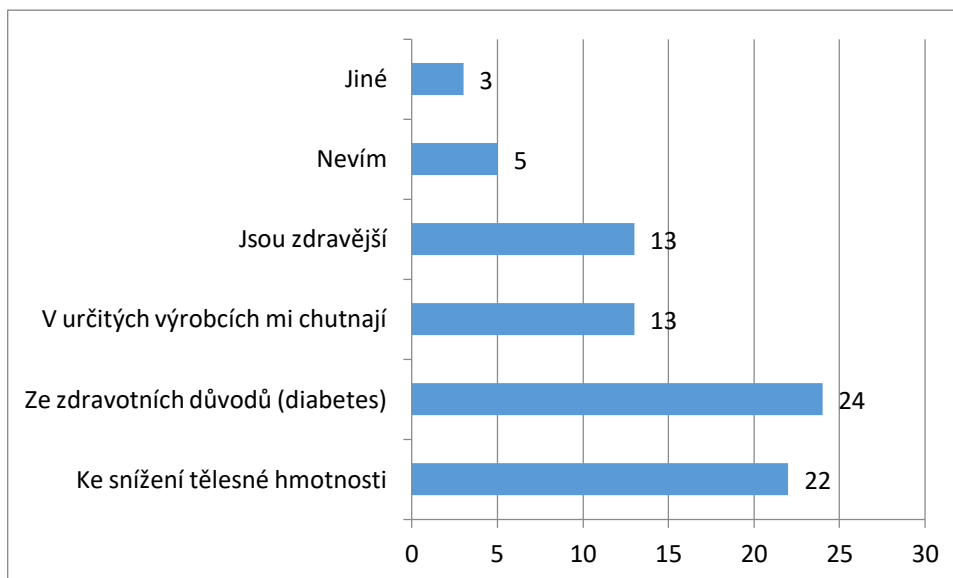
Na otázku týkající se preferovaného sladidla odpovědělo pouze 60 respondentů. Lidé zvolili steviol-glykosidy za nejoblíbenější sladidlo. Steviol-glykosidy si vybralo až 25 respondentů

(42 %). Dalších 17 dotazovaných (28 %) uvedlo, že žádné sladidlo nepreferují. Dalších 9 respondentů nepreferovali pouze jedno sladidlo, ale více. Jednalo se zejména o stevii, sacharin a aspartam, z nichž jeden uvedl ještě sukralózu. Dohromady 7 respondentů uvedlo, že preferují umělá sladidla, tři z nich zaškrtnli sacharin, dva sukralózu a poslední dva aspartam.



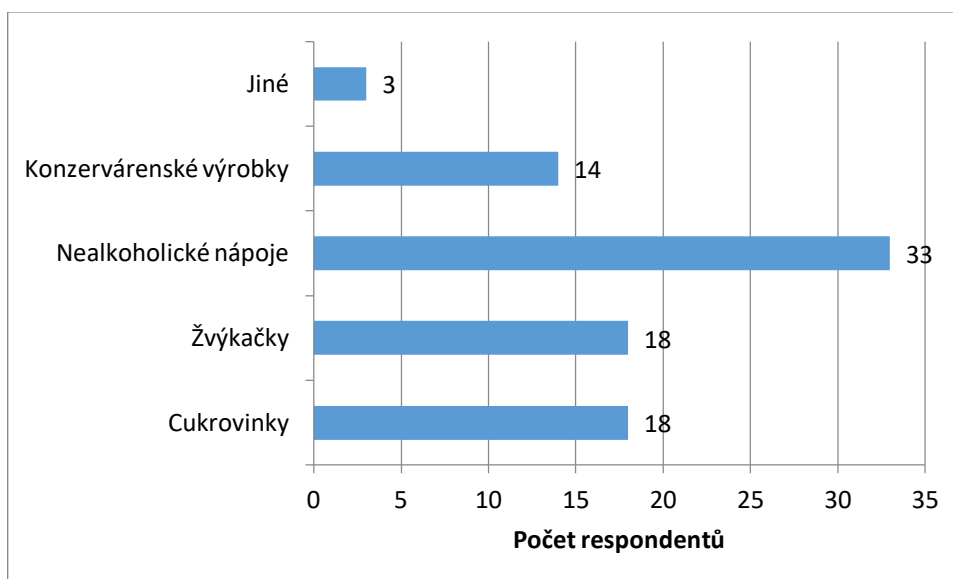
Graf č. 12: Preferované nízko- a neenergetické sladidlo

Na důvody užívání potravin s nízko- a neenergetickými sladidly odpovědělo 60 respondentů, kteří mohli označit více odpovědí. I u potravin se potvrdilo, že mezi hlavní důvod konzumování těchto výrobků patří zdravotní omezení (diabetes) s 24 kladnými odpověďmi. Dokonce 22 lidí konzumuje tyto výrobky, aby snížili svoji tělesnou hmotnost. Dalších 13 respondentů uvedlo, že se jedná o zdravější alternativu potravin a stejné množství respondentů uvedlo, že jim sladidla v určitých výrobcích chutnají. Výsledky jsou uvedeny v Grafu č. 13.



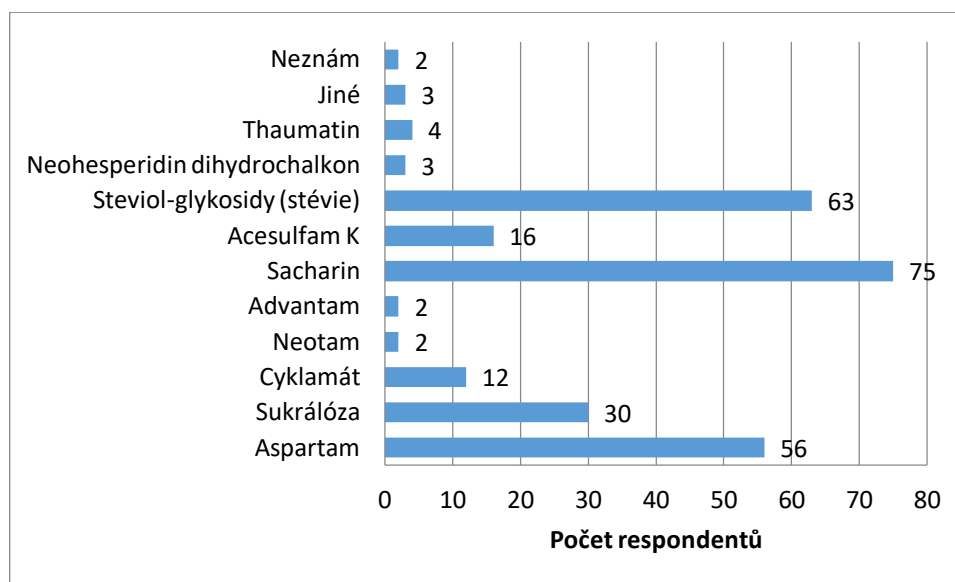
Graf č. 13: Důvody užívání potravin s nízko- a neenergetickými sladidly

Na otázku „Jaké potraviny obsahující nízko- a neenergetická sladidla konzumujete“ odpovědělo pouze 54 respondentů, kde za nejoblíbenější produkt obsahující nízko- a neenergetická sladidla byly zvoleny nealkoholické nápoje, odpovědělo tak 33 respondentů. Poté byly zvoleny žvýkačky a cukrovinky, kde byl počet stejný, a sice 18 respondentů. Ostatní dotazovaní odpověděli, že nízko- a neenergetická sladidla preferují v konzervářských produktech (14 respondentů) a zbylá část zvolila volbu jiné. Výsledky jsou zobrazeny v Grafu č. 14.



Graf č. 14: Konzumované potraviny obsahující nízko- a neenergetická sladidla

Z celkového množství respondentů na otázku, zda znají některá vyjmenovaná sladidla, odpovědělo 84 respondentů. Za nejznámější sladidlo byl zvolen sacharin, následovaly steviol-glykosidy, aspartam a sukralóza. Poté acesulfam K a cyklamát. Nejméně znám je thaumatin, neohesperidin dihydrochalkon, advantam a neotam (Graf č. 15).



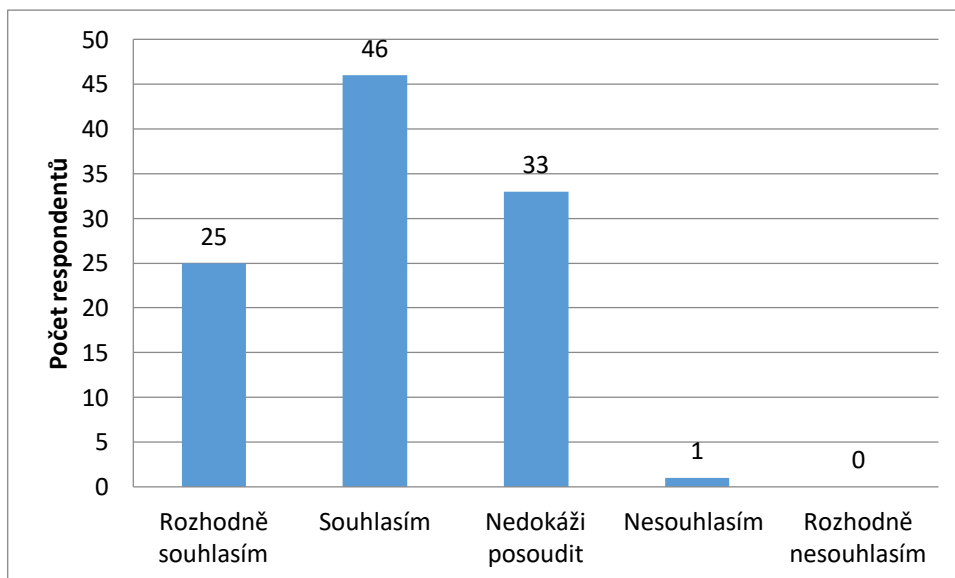
Graf č. 15: Nejznámější sladidla

Na otázku zda respondenti znají nízko- a neenergetická sladidla pod e-kódy bylo zvoleno z 94 %, že ne. Zbylé 3 % sice napsala, že je znají, ale uvést je nedokázala, proto se touto otázkou již dále zabírat nebudeme.

U poslední otázky měli respondenti rozhodnout, co si myslí o následujících tvrzení

- a) Stolní sladidla a potraviny obsahující sladidla jsou bezpečná a schválena příslušnými organizacemi

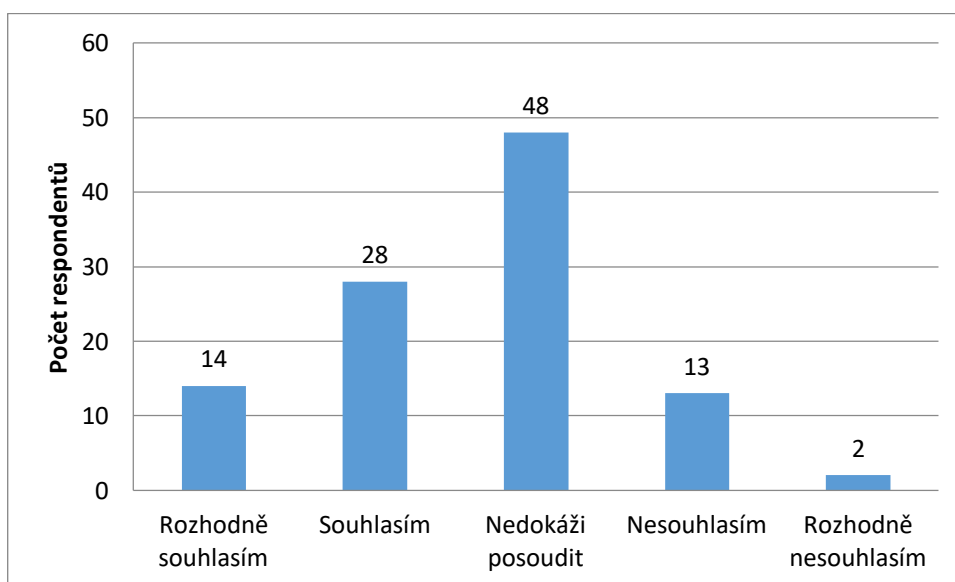
Zda používání sladidel v určitých poravinách je schváleno příslušnými organizacemi nedokázalo posoudit 33 respondentů. Drtivá část respondentů se přiklání k souhlasu nebo k výraznému souhlasu (Graf č. 16).



Graf č. 16: První tvrzení

b) Sladidla jsou nejvíce konzumována lidmi se zdravotními problémy (diabetem)

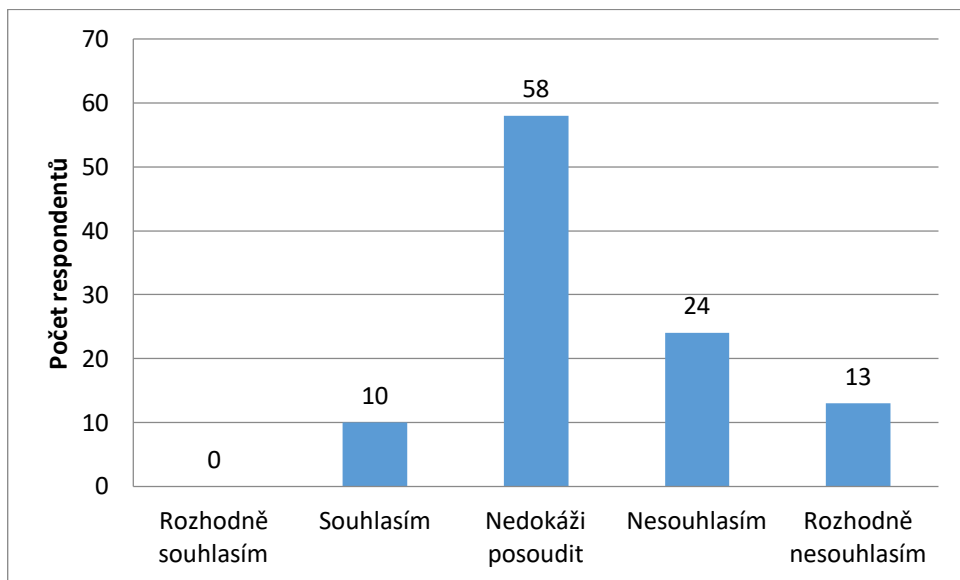
Zda jsou sladidla konzumována lidmi se zdravotními problémy, nedokázalo posoudit 48 respondentů. Převážná část se k tvrzení přikláníla pozitivně (42 respondentů) a nesouhlas či výrazný nesouhlas potvrdilo 15 respondentů (Graf č. 17)



Graf č. 17: Druhé tvrzení

c) Sladidla jsou konzumována jen výjimečně na rozdíl od cukrů

Zda jsou více preferovaná sladidla než cukr, nedokázalo posoudit 58 respondentů. U daného tvrzení se lidé spíše přikláněli k nesouhlasu (24 respondentů) a výraznému nesouhlasu (13 respondentů). Pouze 10 respondentů se přiklonilo k souhlasu.



Graf č. 18: Třetí tvrzení

5.2 Průzkum trhu

Sladidla mají rozsáhlé využití, používají se v potravinářském, farmaceutickém i kosmetickém průmyslu (Li et al. 2018). V potravinářském průmyslu jsou používána zejména do nealkoholických nápojů, ovocných šťáv, ve zpracovaném ovoci, žvýkačkách, cukrovinkách, marmeládách, dresincích, mléčných výrobcích apod (Nabors, 2001). Sladidla jsou konzumována převážně diabetiky, jako tzv. stolní sladidla.

Jaká je nabídka nízko- a neenergetických stolních sladidel, bude zjištěna v mém průzkumu trhu, který spočíval v porovnávání nabídky těchto sladidel v šesti nejmenovaných supermarketech.

Supermarket A:

V prvním supermarketu bylo k nabídce pouze stolní sladidlo na bázi cyklamátu sodného a sacharinu sodného v tabletách.

Supermarket B:

V druhém supermarketu bylo v nabídce stolní sladidlo na bázi cyklamátu a sacharinu ve formě tablet, ale také přírodní sladidlo stévia, která byla v tekuté formě, ve formě tablet i sypké směsi.

Supermarket C:

Ve třetím supermarketu bylo k dostání pouze stolní sladidlo na bázi cyklamátu sodného a sacharinu sodného v tabletách.

Supermarket D:

Nejširší nabídka byla ve čtvrtém supermarketu, kde bylo v nabídce stolní sladidlo na bázi cyklamátu a sacharinu v tekuté formě i ve formě tablet, stolní sladidlo na bázi aspartamu-granulované, stolní sladidlo na bázi steviol-glykosidů bylo k dostání v tekuté i sypké formě, i ve formě tablet.

Supermarket E:

V pátém supermarketu bylo k dostání ve formě tablet stolní sladidlo na bázi cyklamátu sodného a sacharinu sodného, sacharin, aspartam, stévie. V práškové formě byla v nabídce sukralóza a stévie.

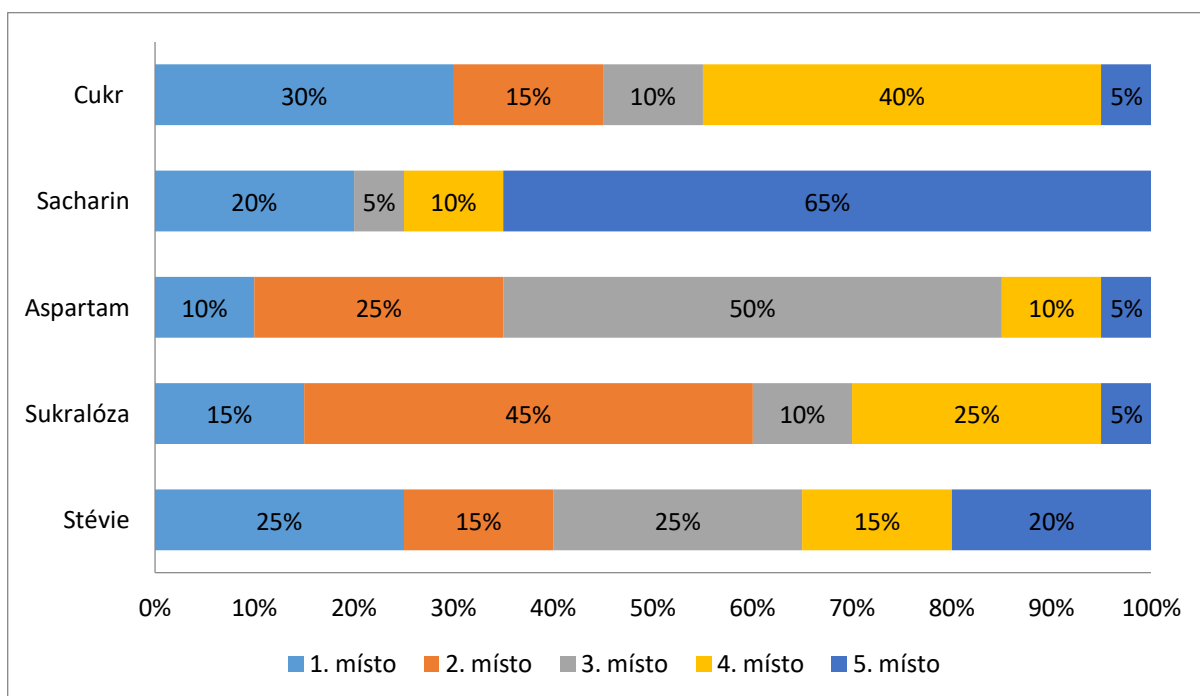
Supermarket F:

V posledním supermarketu byl k dostání ve formě tablet sacharin, sukralóza a aspartam. V práškové podobě byl k prodeji nabídnut acesulfam K a stévie. Stévie byla také v tekuté formě i ve formě tablet.

5.3 Výsledky senzorické analýzy

5.3.1 Výsledky pořadového testu

Pořadový test byl hodnocen 20 hodnotiteli, kteří měli za úkol seřadit 5 vzorků sladidel podle jejich preference, tj. od nejlepší po nejhorší sladidlo. Jednotlivá sladidla byla nejprve rozpuštěna ve vodě a poté byly vzorky v neznámém a nahodilém pořadí předloženy hodnotitelům. Vzorky sladidel byly označeny následovně: vzorek č. 1 bylo sladidlo stévie, vzorek č. 2 byla sukralóza, vzorek č. 3 byl aspartam, vzorek č. 4 obsahoval sladidlo sacharin a vzorek č. 5 byl cukr.

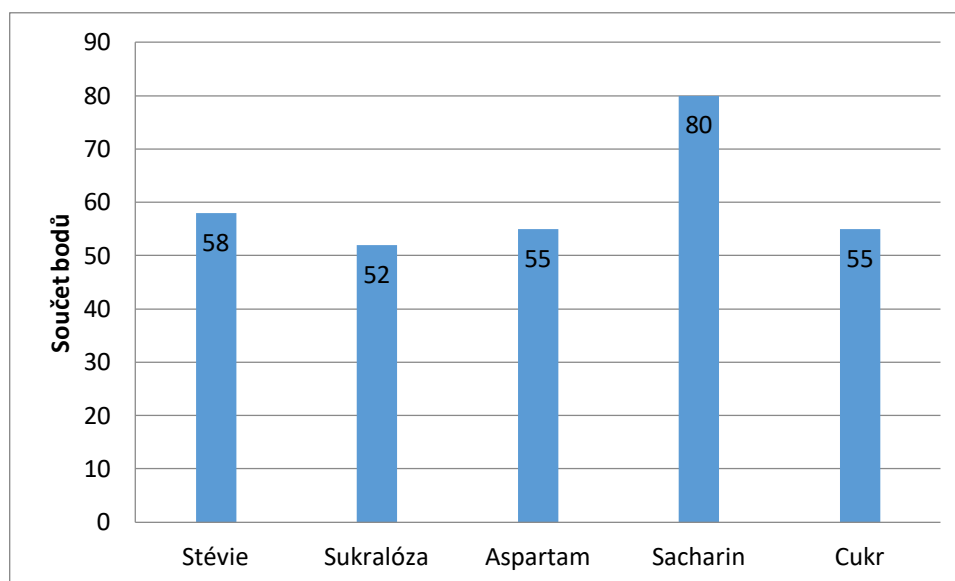


Graf č. 19: Četnosti jednotlivých vzorků sladidel

V Grafu č. 19 jsou znázorněny četnosti pořadí jednotlivých sladidel, ze kterého je patrné, že na prvním místě byl nejčastěji označován cukr. Zároveň byl cukr nejčastěji i na 4. místě, což uvedlo 8 posuzovatelů. Na 2. místě byl nejčastěji označen vzorek číslo 2, čímž byla sukralóza. Třetí pozici obsadil aspartam s 10 posuzovateli. Třináct posuzovatelů uvedlo, jako nejhorší sladidlo sacharin.

K vyhodnocení pořadové zkoušky byl následně použit Friedmanův test, kdy každý jeden z J posuzovatelů posuzuje rozdílnost vzorků P pomocí pořadí, které si stanoví od 1 do X.

Nejprve byla vytvořena tabulka s jednotlivým pořadím, kde jsou poté získány součty pořadí jednotlivých vzorků, což je vyobrazené v Grafu č. 20.

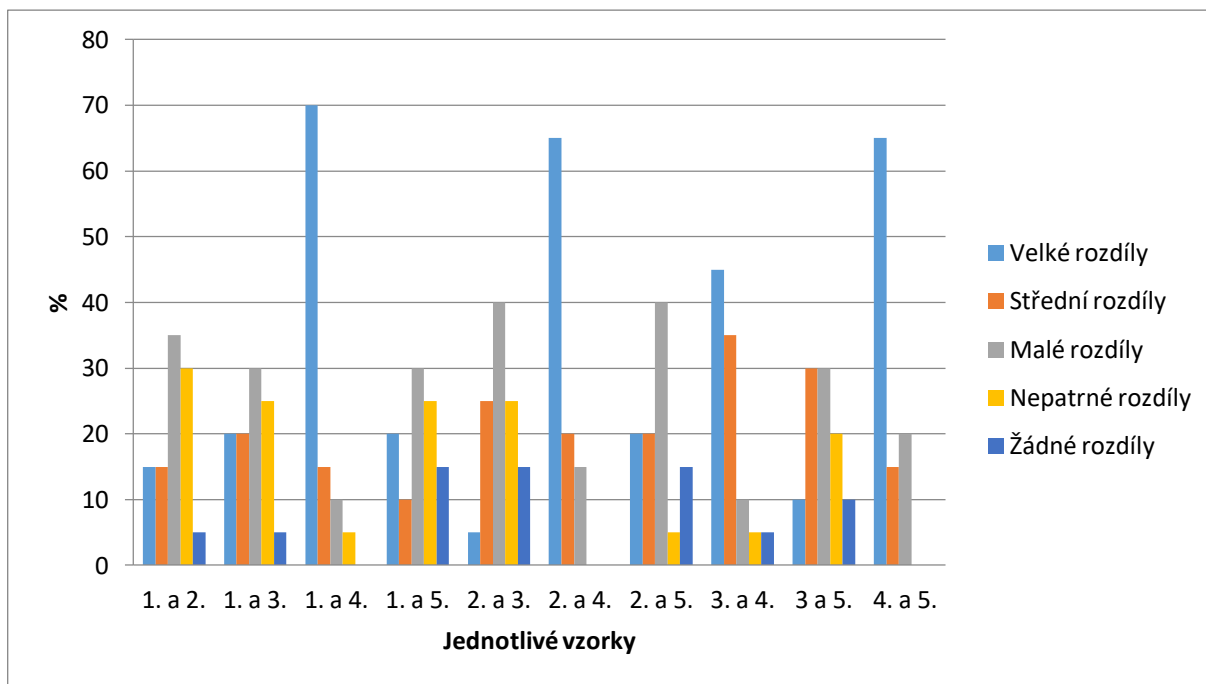


Graf č. 20: Součet pořadí jednotlivých vzorků

Z Grafu č. 20 vyplývá, že sladidlo sacharin bylo hodnoceno výrazně jinak, než sladidla ostatní. Čím větší počet bodů, tím častěji se dané sladidlo objevovalo na posledním místě, což je vidět i v Grafu č. 19.

Pro potvrzení, zda existují rozdíly mezi hodnocenými vzorky, byl využit již zmíněný Friedmanův test, na základě kterého bylo zjištěno, že na hladině pravděpodobnosti 95 % existují statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými vzorky sladidel.

Rozdíly mezi jednotlivými vzorky sladidel jsou uvedeny v Grafu č. 21.



Graf č. 21: Rozdíly mezi jednotlivými vzorky v %

Z Grafu č. 21 vyplývá, že největší rozdíly byly pozorovány mezi následujícími sladidly- stévií a sacharinem, sukralózou a sacharinem, aspartamem a sacharinem, a také mezi sacharinem a cukrem.

Následovalo porovnání dvou vzorků Friedmanovou zkouškou, které slouží ke zjištění průkaznosti rozdílů.

Bylo zjištěno, že na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ existuje statisticky významný rozdíl mezi následujícími vzorky:

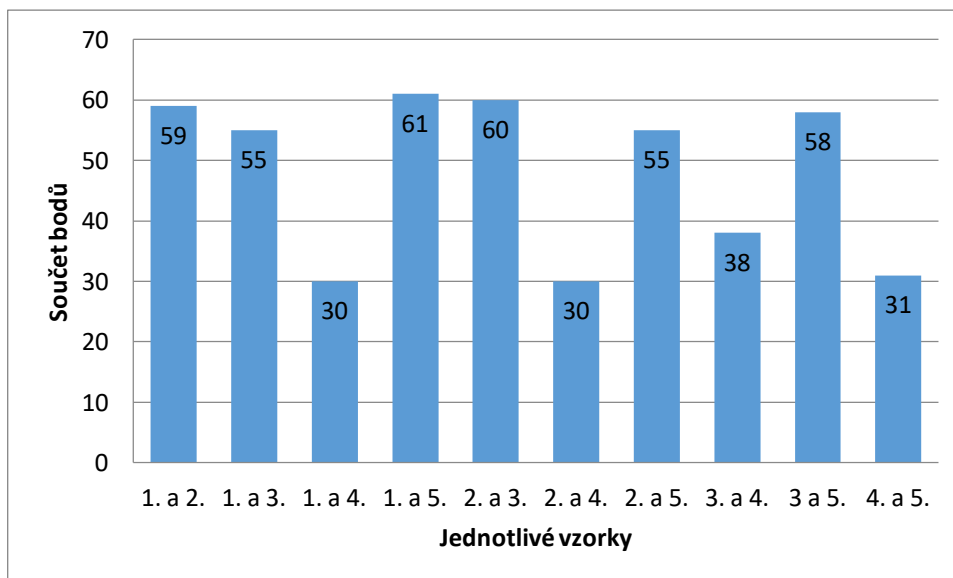
R4 - R1= rozdíl mezi vzorkem 4 (sacharinem) a 1 (stévií)

R4 - R2 = rozdíl mezi vzorkem 4 (sacharinem) a 2 (sukralózou)

R4 - R3 = rozdíl mezi vzorkem 4 (sacharinem) a 3 (aspartamem)

R4 - R5 = rozdíl mezi vzorkem 4 (sacharinem) a 5 (cukrem)

Na základě přiřazených bodů byly hodnoceny rozdíly mezi vzorky v rozmezí od 1 (velké rozdíly) po 5 (žádné rozdíly), což je uvedeno v Grafu č. 22.



Graf č. 22: Součty pořadí mezi jednotlivými vzorky

V Grafu č. 22 jsou zobrazeny součty pořadí mezi jednotlivými vzorky, kde hodnotitelé uvedli, že největší rozdíly se nachází mezi vzorky s č. 1 (stévie) a č. 4 (sacharin) a současně i mezi vzorky s č. 2 (sukralóza) a s č. 4 (sacharin). Následoval vzorek č. 4 (sacharin) a č. 5 (cukr). Nejmenší rozdíly byly pozorovány mezi vzorkem č. 1 (stévie) a 5 (cukr), a také mezi vzorkem č. 2 (sukralóza) a č. 3 (aspartam).

5.3.2 Výsledky senzoričkého posuzování sladidel profilovou metodou

Hodnotitelům bylo předloženo pět neznámých vzorků sladidel, u kterých se hodnotily tři deskriptory. Celkový vjem chutě od příjemné po nejméně příjemnou chuť. Intenzita sladké chutě od nejsilnější po nejslabší. Přítomnost pachutí od silné po žádné.

Tabulka č. 10: Souhrn vzorků- průměr

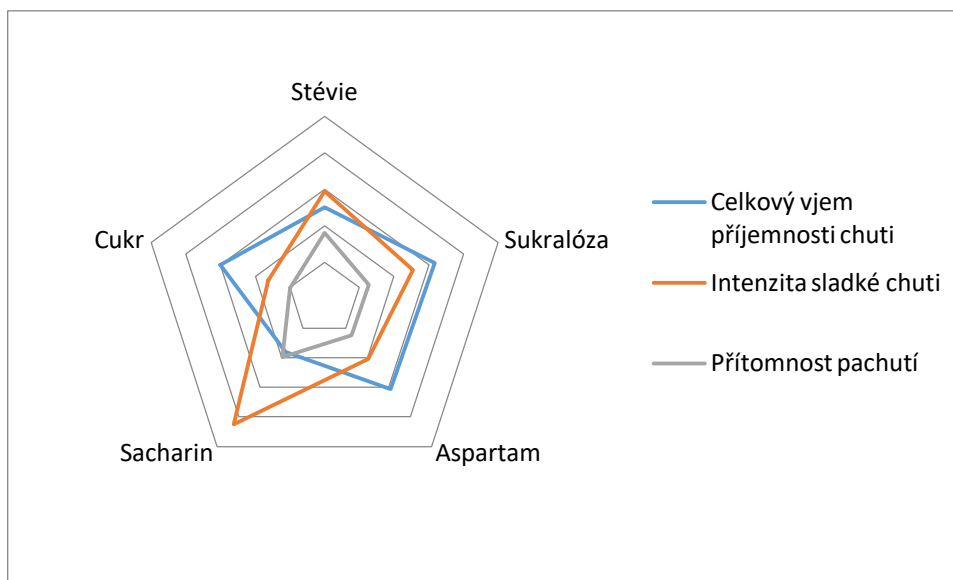
Deskriptory	Stévie (1. vzorek)	Sukralóza (2. vzorek)	Aspartam (3. vzorek)	Sacharin (4. vzorek)	Cukr (5. vzorek)
Celk. vjem příjemnosti chuti	50,25	63,45	61,35	36,15	60,25
Intenzita sladké chuti	58,9	50,85	40,9	85	32,45
Přítomnost pachutí	36,25	25,35	24,8	39,5	19,75

Tabulka č. 11: Souhrn vzorků- směrodatná odchylka

Deskriptory	Stévie	Sukralóza	Aspartam	Sacharin	Cukr
Celk. vjem příjemnosti chuti	27,11	19,24	21,58	29,77	25,15
Intenzita sladké chuti	29,23	23,82	22,47	19,28	29,90
Přítomnost pachutí	28,63	20,92	19,80	32,27	17,98

Graf č. 23 znázorňuje, jak byly jednotlivé deskriptory ovlivněny hodnoceným druhem sladidla. Za nejméně chutný byl vybrán sacharin, jelikož u daného vzorku byla cítit nepříjemná pachutí, a tím se snižoval i celkový vjem chuti. Avšak intenzita sladké chutě byla zde největší. Podobně byla hodnocena i stévie, která vykazovala také značné množství pachutí, a tím opět docházelo ke snížení příjemnosti chuťového vjemu. Intenzita sladké chuti byla nižší ve srovnání se sacharinem, ale v porovnání s ostatními vzorky byla intenzita sladké chuti vyšší. Sukralóza i aspartam dosáhly podobných výsledků. U obou vzorků bylo pozorováno malé

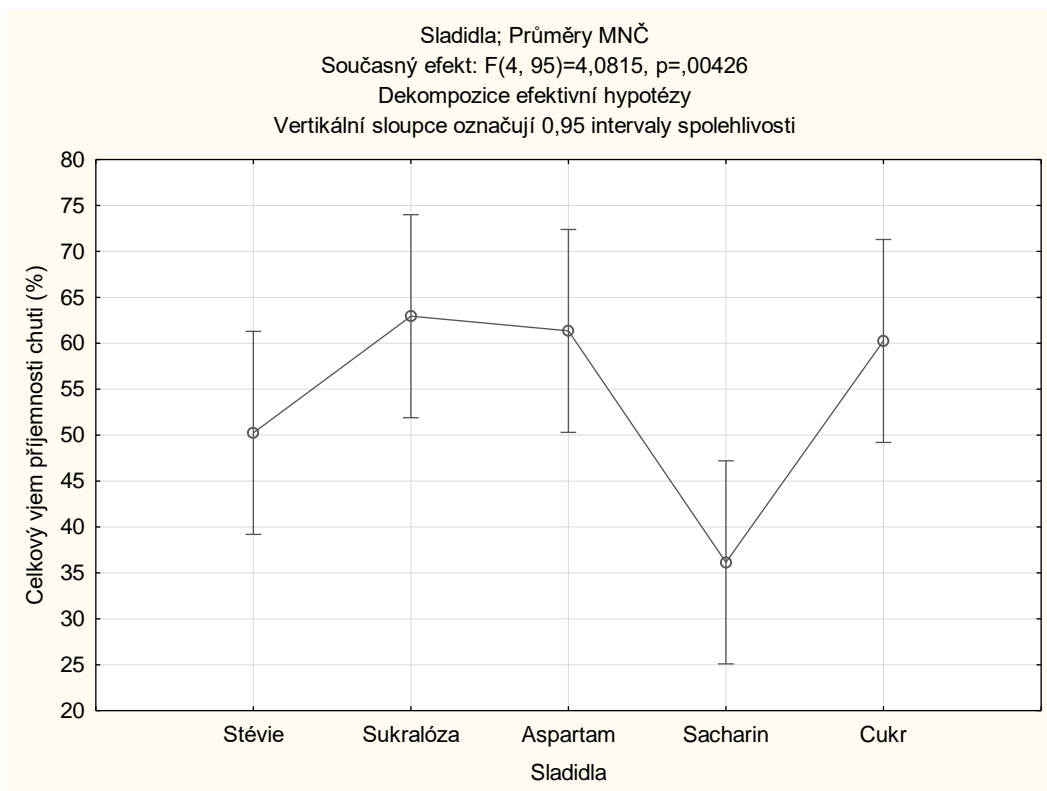
množství pachutí a podobný byl i celkový vjem příjemnosti chuti. Tyto vzorky se lišily pouze v intenzitě sladké chuti, kde byl vyhodnocen, za méně sladký aspartam. Nejnižší intenzita sladké chuti byla hodnocena u cukru, i přesto, že sladivost všech sladidel byla stejná. Přítomnost pachutí u cukru je nejvyšší, a tak byl poměrně vysoko hodnocen celkový vjem příjemnosti chuti.



Graf č. 23: Průměrné hodnoty jednotlivých deskriptorů

Následovalo statistického vyhodnocení pomocí jednofaktorové ANOVY.

Nejvyšší průkazný rozdíl v závislosti u sensorického parametru celkový vjem příjemnosti chuti na sladidla můžeme na základě Grafu č. 24 a Tabulky č. 12 pozorovat u sacharinu, konkrétně u sacharinu a sukralózy a také u sacharinu a aspartamu.

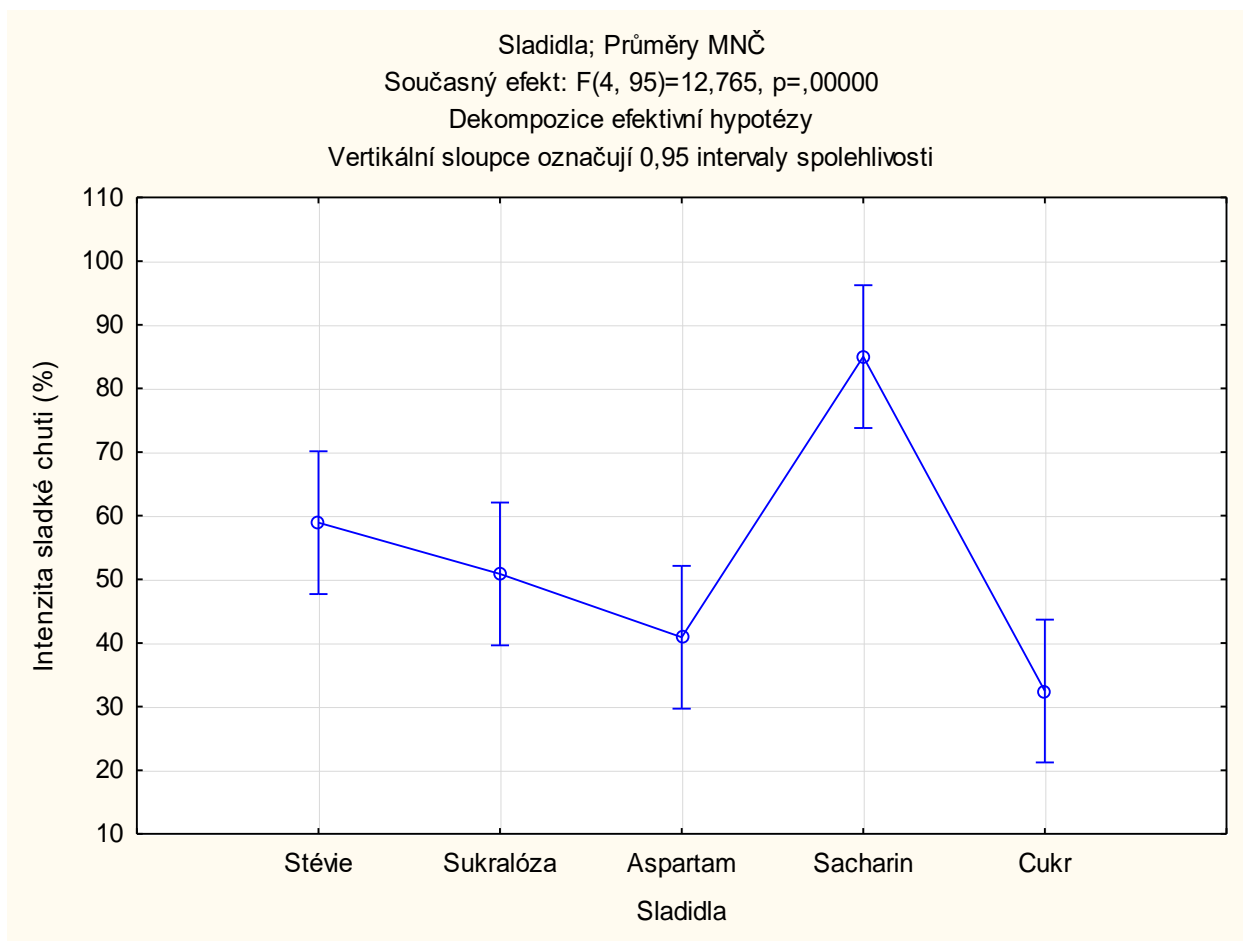


Graf č. 24: Statistické vyhodnocení závislosti mezi jednotlivými hodnotiteli u sensorického parametru celkový vjem příjemnosti chuti na typu vybraných sladidel.

Tabulka č. 12: Vyhodnocení závislosti hodnot sensorického parametru celkový vjem příjemnosti chuti na typu vybraných sladidel pomocí Scheffeho testu ($p = 0,95$), kdy červeně vyznačené hodnoty značí statisticky významnou průkaznost.

Scheffeho test; proměnná Celkový vjem příjemnosti chuti (%) (DP- připraveno do programu statistického Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 619,49, sv = 95,000						
Č. buňky	Sladidla	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	Stévie	50,250	0,627640	0,737794	0,526678	0,805660
2	Sukralóza	0,627640		0,999785	0,025977	0,998303
3	Aspartam	0,737794	0,999785		0,043286	0,999952
4	Sacharin	0,526678	0,025977	0,043286		0,060250
5	Cukr	0,805660	0,998303	0,999952	0,060250	

Nejvyšší průkazný rozdíl v závislosti intenzity sladké chuti na sladidla můžeme na základě Grafu č. 25 a Tabulky č. 13 pozorovat u sladidla sacharin. Statisticky průkazné rozdíly v závislosti na intenzitě sladké chuti vykazují i zbylá sladidla. Konkrétně statisticky významná průkaznost byla u stévie a sacharinu, stévie a cukru, sukralózy a aspartamu, aspartamu a sacharinu, a také u sacharinu s cukrem.



Graf č. 25: Vyhodnocení závislosti hodnot mezi jednotlivými hodnotiteli u sensorického parametru intenzita sladké chuti na typu vybraných sladidel.

Tabulka č. 13: Vyhodnocení závislosti hodnot sensorického parametru intenzity sladké chuti na typu vybraných sladidel pomocí Scheffeho testu ($p = 0,95$), kdy červeně vyznačené hodnoty značí statisticky významnou průkaznost.

Scheffeho test; proměnná Intenzita sladké chuti (%) (DP- připraveno do programu statistická)						
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy						
Chyba: meziskup. PČ = 638,54, sv = 95,000						
Č. buňky	Sladidla	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		58,900	50,850	40,900	85,000	32,450
1	Stévie		0,906743	0,287835	0,036949	0,033117
2	Sukralóza	0,906743		0,817031	0,002042	0,266111
3	Aspartam	0,287835	0,817031		0,000023	0,890555
4	Sacharin	0,036949	0,002042	0,000023		0,000000
5	Cukr	0,033117	0,266111	0,890555	0,000000	

Posledním deskriptorem byla přítomnost pachutí, kde nebyly potvrzeny statisticky průkazné rozdíly mezi sladidly a daného sensorického parametru.

6 Diskuze

Hlavním cílem diplomové práce bylo zjistit formou dotazníku preferovaná nízko- a nekalorická sladidla a potravin s jejich obsahem u různých skupin konzumentů, včetně průzkumu trhu nízko- a neenergetických sladidel. Následně pomocí sensorického hodnocení ověřit preferenci vybraných nízko- a nekalorických sladidel.

6.1 Dotazníkové šetření

Na základě dotazníkového šetření bylo zjištěno, že nízko- a nekalorická sladidla byla preferována podstatně méně než běžný cukr. Pouze 43 % respondentů uvedlo, že stolní sladidla nakupují. Mezi nejčastější důvody konzumování stolních sladidel byly uvedeny zdravotní problémy (diabetes), redukce tělesné hmotnosti, a že byly považovány za zdravější alternativu cukru. Nejvíce byla preferována přírodní stolní sladidla ve formě tablet.

Ve srovnání dietních nápojů a potravin před běžnými nápoji a potravinami vyšla preference podobně, lišila se pouze o 2 % pro běžné potraviny. Důvody konzumování dietních nápojů a potravin byly stejné, jako u stolních sladidel. Hlavním důvodem konzumování těchto nápojů a potravin byl diabetes, snaha snížit svou tělesnou hmotnost a předpoklad lidí, že jsou zdravější. Nejvíce jsou nakupovány nealkoholické nápoje s nízko- a neenergetickými sladidly. Nejpreferovanější nízko- a nekalorická sladidlo v nápojích, potravinách a stolní sladidlo byla vybraná stévie. Avšak mezi nejznámější sladidla patřil sacharin, poté steviol-glykosidy, aspartam a sukralóza.

Na základě mého dotazníkového šetření první hypotéza „V ČR jsou nízkokalorická sladidla pouze okrajovou alternativou“ byla potvrzena. Jelikož z celkového množství respondentů si 54 respondentů zvolilo za preferované sladidlo cukr, zatímco 33 respondentů dávalo přednost nízko- a neenergetickým sladidlům. I nápoje a potraviny s nízko- a nekalorickými sladidly nebyly ve srovnání s běžnými potravinami preferovány.

Údaje o množství nízko- a nekalorických sladidel v potravinách nebo nápojích nejsou snadno dostupné. Vzhledem k tomu, že se jedná o látky se statusem GRAS, výrobci nejsou povinni poskytovat údaje o obsahu na etiketách potravin. Existuje pouze odhad o konzumaci nízko- a nekalorických sladidel v potravinách nebo nápojích. Výzkum se tak prováděl na celkovém množství zkonsumovaných potravin a nápojů obsahujících nízko- a nekalorická sladidla. Odhaduje se, že v letech 2003 – 2004 průměrný Američan zkonsumoval 129 g nápojů a 17 g

potravin se zmíněnými sladidly. Celkově se jednalo pouze o 15,1 % všech Američanů, kteří konzumují dietní nápoje nebo potraviny.

Zatímco u potravin nebo nápojů obsahující například monosacharidy (glukózu a fruktózu) a disacharidy (sacharózu) bylo v roce 2003 – 2004 zkonzumováno 585 g nápojů a 375 g potravin s těmito sladidly, což vychází na zhruba 91,5 % všech Američanů (Mattes & Popkin 2009). Mnou získané údaje, že nízko- a nekalorická sladidla jsou pouze okrajovou alternativou klasických sladidel, tedy potvrzuje i studie Mattes & Popkin (2009).

Z důvodu ověření druhé hypotézy, že „Nízkokalorická sladidla jsou přednostně preferovaná pouze u konzumentů se zdravotním problémem (diabetes)“ byl dotazník rozdán i v nemocnicích, aby se zajistili respondenti se zdravotními problémy, konkrétně s onemocněním diabetes mellitus. Na otázku „Z jakého důvodu respondenti užívají stolní sladidla“ si vybralo 27 respondentů zdravotní důvody. Podobný počet respondentů (24) si vybralo i tento důvod u konzumování potravin či nápojů s nízko- a neenergetickými sladidly. O dost nižší množství respondentů zaškrtno jiné možnosti. Tato hypotéza je tedy potvrzena.

Gardner et al. (2012) uvádí, jako hlavní důvod užívání nízko- a nekalorických sladidel snahu spotřebitelů snížit celkové množství kalorií ve stravě, uvedlo tak 73 % spotřebitelů. Pouze 41 % spotřebitelů nízko- a nekalorických sladidel uvedlo, že daná sladidla užívá z důvodu onemocnění diabetes mellitus. Při porovnání mého dotazníkového šetření a studie Gardner et al. (2012) byly důvody konzumování nízko- a nekalorických sladidel odlišné.

Poslední hypotéza „Všechna na trhu používaná sladidla jsou bezpečná a schválena JECFA“ byla potvrzena. Na základě mého dotazníkového šetření nedokázalo 33 respondentů bezpečnost sladidel posoudit. Avšak se zmíněným předpokladem 46 respondentů souhlasilo, dokonce 25 respondentů s výrazným souhlasem. Pouze 1 respondent s tvrzením nesouhlasil.

Všechna aditiva, včetně polyolů musí být hodnoceny nezávislým vědeckým subjektem pro jejich bezpečnost, než budou uvedeny na trh. Jakmile je přídatná látka potvrzena za zcela bezpečnou, přidělí se hodnota ADI. Udělení hodnoty ADI a schválení látky znamená, že výrobek je považován za bezpečný. Hodnoty ADI jsou uvedeny v Tabulce č. 6. U polyolů JECFA určila hodnotu ADI na „neurčeno“, jedná se o nejvyšší stupeň bezpečnosti (EPA 2019). Z toho vyplývá, že všechna na trhu používaná sladidla jsou bezpečná a schválena JECFA, což bylo potvrzeno i ze získaných výsledků mého dotazníkového šetření.

Grembecka (2015) potvrzuje, že všechna zmíněná sladidla jsou schválena JECFA a v rozumném množství mohou nízko- a nekalorická sladidla pomáhat při DM a prevenci zubního kazu.

6.2 Průzkum trhu

Při porovnání syntetických a přírodních sladidel byla častěji nabízena syntetická sladidla. Syntetická sladidla byla k dostání ve všech šesti supermarketech, zatímco přírodní sladidla pouze ve čtyřech supermarketech. Ze syntetických sladidel bylo nejčastěji nabízeno stolní sladidlo na bázi cyklamátu sodného a sacharinu sodného a nejméně dostupné syntetické sladidlo byl acesulfam K, který byl k dostání pouze v jednom supermarketu.

Nejběžnější formou sladidel na trhu byly tablety, jelikož ve všech šesti supermarketech byla přírodní i syntetická sladidla ve formě tablet. Nejméně dostupná byla sladidla v tekuté formě, které byly k dostání pouze ve třech supermarketech, pokaždé se jednalo o stolní sladidlo na bázi steviol-glykosidů.

Z mého průzkumu trhu vyplývá, že nejlépe dostupné bylo stolní sladidlo ve formě tablet na bázi cyklamátu sodného a sacharinu sodného, které se vyskytovalo téměř ve všech supermarketech, což vyplývá i ze studie Karunathilaka et al. (2018), který uvádí, že mezi nejčastěji používaná sladidla v potravinářském průmyslu patří sacharin a cyklamát.

6.3 Senzorická analýza

V senzorické analýze se posuzovalo pět sladidel (stévie, sacharin, aspartam, sukralóza a cukr), u kterých se pomocí pořadové zkoušky zjišťovala jejich preference. Na základě hodnotitelů byl na prvním místě nejčastěji uveden cukr. Pravděpodobně z důvodu, že sacharóza poskytuje příjemnou sladkou chuť (Čopíková et al. 2006).

Za nejhorší sladidlo byl označen sacharin. Čopíková et al. (2013) uvádí, že sladidlo sacharin je typický svou nepříjemnou kovovou pachutí, což může být jeden z důvodů, proč byl nejčastěji umístěn na posledním místě.

Bylo zjištěno, že existují statisticky významné rozdíly (na hladině významnosti $\alpha = 0,05$) mezi následujícími vzorky- sacharinem a stévií, sacharinem a sukralózou, sacharinem a aspartamem, a také sacharinem a cukrem. Z toho vyplývá, že sacharin byl hodnocen výrazně jinak, než ostatní sladidla. Největší rozdíl byl však mezi stévií a sacharinem, současně se

sukralózou a sacharinem. Nejmenší rozdíly vykazovala sladidla stévie spolu s cukrem a sukralóza spolu s aspartamem.

U profilové metody nejhůře vyšel sacharin, který byl považován za nejméně chutné sladidlo s velmi nepříznivou pachutí. Podobných výsledků dosáhla i stévie, která respondentům opět chutnala méně. Sukralóza a aspartam měl obdobné výsledky, jelikož u nich byla zaznamenána nežádoucí pachut' jen v malé míře, respondenti považovali sukralózu a aspartam za přijatelné sladidlo. Nejlepší celkový vjem příjemnosti chuti měl cukr, jelikož zde nebyla cítit téměř žádná pachut'. Největší průkazný rozdíl v závislosti senzoričkého parametru celkového vjemu příjemnosti chuti na sladidla vykazoval sacharin, kde byla potvrzena statisticky významná průkaznost mezi sacharinem a sukralózou, a také sacharinem a aspartamem. Největší průkazný rozdíl v závislosti intenzity sladké chuti na sladidla byla potvrzena u sacharinu. Mezi vzorky sacharinu a stévií, sacharinu a sukralózy, sacharinu a aspartamu, sacharinu a cukru, a také mezi stévií s cukrem byla potvrzena statisticky významná průkaznost. Statisticky průkazné rozdíly nebyly potvrzeny mezi sladidly a přítomností pachuti.

Bachmanov et al. (2001) použil ke zjištění preference sladidla sacharin, sukralózu, aspartam a sacharózu, kde byla nejvíce preferovaná následující sladidla- sacharóza, sukralóza i sacharin. Jakmile však byla koncentrace sacharinu příliš veliká, došlo k odmítání tohoto sladidla, pravděpodobně z důvodu jeho nahořklé chuti. Dalším jeho testovaným sladidlem byl aspartam, který nevyvolával žádné silné preference. Důležité je zmínit, že studie byla provedena pouze na myších, které mají rozdílnou citlivost receptoru sladké chuti. Zvířata a lidé také mají různou citlivost na hořkou chuť, která je pro většinu sladidel typická. Zejména sacharin aktivuje specifické lidské hořké receptory (Sclafani et al. 2010).

V úplném rozporu je studie Sclafani et al. (2010), kde nejpreferovanějším sladidlem byl zvolen sacharin a následovala stévie. Avšak bylo potvrzeno, že preference sacharinu je téměř srovnatelná s preferencí stévie. Aspartam a čistá sukralóza byly preferovány méně než stévie. Pokud se podávala místo čisté sukralózy Splenda, která obsahuje maltodextrin, preference se výrazně zvýšila, pravděpodobně tím, že maltodextrin je považován za příjemné sladidlo. Tato studie je opět provedena pouze na myších a potkanech, proto mohou být výsledky zcela odlišné.

Sclafani & Abrams (1986) zkoumal preferenci sacharinu a aspartamu. Bylo potvrzeno, že krysy upřednostňovaly sacharin před aspartamem. Aspartam byl preferován pouze při vysokých koncentracích jen polovinou zvířat.

Sclafani & Clare (2004) ve své studii uvádí, že potkani vykazovali pouze slabé nebo žádné preference k sukralóze, ale silnou preferenci pro sacharin. Sukralóza byla preferována pouze u poloviny krys a zbývající polovina krys sukralózu odmítala. I přesto, že sacharinové roztoky mají pro potkany sladkou chuť, ve srovnání se sacharózou byly preferovány méně, což bylo způsobeno jeho typickou hořkou pachutí.

Výsledky mé sensorické analýzy se shodují jen částečně s některými studiemi, což je dáno zejména tím, že veškeré studie byly provedeny pouze na zvířatech. I přesto byla shoda v mé sensorické analýze a ve studii Sclafani & Clare (2004), kde byla nejpreferovanějším sladidlem zvolena sacharóza. A za nejméně chutné sladidlo byl v mé sensorické analýze zvolen sacharin, což bylo potvrzeno i ve studii Sclafani & Clare (2004) ve srovnání se sacharózou. Pokud byla koncentrace sacharinu příliš vysoká, odmítání sacharinu se potvrdilo i ve studii Bachmanov et al. (2001).

7 Závěr

Na základě dotazníkového šetření byla mezi dotázanými za nejpreferovanější sladidlo zvolena sacharóza, nízko- a neenergetická sladidla byla umístěna na druhém místě. Nejoblíbenějším nízko- a neenergetickým sladidlem v nápojích, potravinách nebo jako stolní sladidlo byla zvolena stévie. Hlavním důvodem konzumování nízko- a neenergetických sladidel bylo onemocnění diabetes mellitus. Nejoblíbenější potraviny nebo nápoje s jejich obsahem byly vybrány nealkoholické nápoje.

Při průzkumu trhu bylo zjištěno, že nejvíce dostupná byla stolní sladidla na bázi cyklamátu sodného a sacharinu sodného ve formě tablet. Nejoblíbenější sladidlo stévie se vyskytovala ve čtyřech z šesti sledovaných supermarketů, výhodou však bylo, že se téměř vždy vyskytovala ve všech třech formách.

Pomocí dotazníkového šetření byla zjištěna nejznámější a nejoblíbenější sladidla, která byla následně vybrána pro sensorické hodnocení k ověření preference. Jednalo se o pět vzorků sladidel. V pořadové zkoušce hodnotitelé uvedli na prvním místě cukr a na posledním místě byl sacharin, což bylo potvrzeno i v sensorickém posuzování sladidel profilovou metodou.

Na základě získaných výsledků lze uvést, že nízko- a nekalorická sladidla jsou pouze okrajovou alternativou klasických sladidel a jsou přednostně preferována konzumenty se zdravotním problémem (diabetes). I přesto, že jsou sladidla často zpochybňována z hlediska bezpečnosti, jedná se však o přídatné látky, které jsou před uvedením na trh, hodnoceny nezávislým vědeckým subjektem pro jejich bezpečnost. Jakmile jsou sladidla schválena, přiřadí se hodnota ADI a sladidla nebo potraviny či nápoje s jejich obsahem lze považovat za zcela bezpečné.

8 Seznam použité literatury

Abo Elnaga NIE, Massoud MI, Yousef MI, Mohamed HHA. 2016. Effect of stevia sweetener consumption as non-caloric sweetening on body weight gain and biochemical's parameters in overweight female rats. *Annals of Agricultural Sciences*. **61**:155-163.

Acevedo W, Ramírez-Sarmiento CA, Agosin E. 2018. Identifying the interactions between natural, non-caloric sweeteners and the human sweet receptor by molecular docking. *Food Chemistry*. **264**:164–171.

Aggarwal D, Sabikhi L, Kumar S. 2016. Formulation of reduced-calorie biscuits using artificial sweeteners and fat replacer with dairy-multigrain approach. *NFS Journal*. **2**:1–7.

Aguilar-Arteaga K, De Jesús-Fuentes KI, Contreras-López E, Anorve-Morga J, Castaneda-Ovando A, González-Olivares LG, Jaimez-Ordaz J. 2017. Determination of cyclamate by cheap and simple spectrophotometric method. *Journal of Food Measurement and Characterization*. **11**:879-886.

Aidoo RP, Afoakwa EO, Dewettinck K. 2015. Rheological properties, melting behaviours and physical quality characteristics of sugar-free chocolates processed using inulin/polydextrose bulking mixtures sweetened with stevia and thaumatin extracts. *LWT- Food Science and Technology*. **62**:592-597.

AlDeeb OAA, Mahgoub H, Foda NH. 2013. Chapter Ten- Sucralose. *Profiles of Drug Substances, Excipients and Related Methodology*. **38**:423-432.

Bachmanov AA, Tordodd MG, Beauchamp GK. 2001. Sweetener Preference of C57BL/6ByJ and 129P3/J Mice. *Chemical Senses*. **26**:905–913.

Barriocanal LA, Palacios M, Benitz G, Jimenez JT, Jimenez N, Rojas V. 2008. Apparent lack of pharmacological effect of steviol glycosides used as sweeteners in humus. A pilot of repeated exposures in some normotensive and hypotensive individuals and in Type 1 and Type 2 diabetics. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. **51**:37–41.

Bassoli A, Merlini L. 2003. Sweeteners/Intensive. Pages 5688-5695 in Caballero, editor. Encyclopedia of Food Science and Nutrition. Second Edition. Academic Press, USA.

Behrens M, Blank K, Meyerhof W. 2017. Blends of Non-caloric Sweeteners Saccharin and Cylamate Show Reduced Off-Taste due TAS2R Bitter Receptor Inhibition. Cell Chemical Biology. **24**:1199-1204.

Bian X, Chi L, Gao B, Tu P, Ru H, Lu K. 2017b. The artificial sweetener acesulfame potassium affects the gut microbiome and body weight gain in CD-1 mice. PLoS ONE 12 (e0178426) DOI: 10.1371/journal.pone.0178426

Bian X, Tu P, Chi L, Gao B, Ru H, Lu K. 2017a. Saccharin induced liver inflammation in mice by altering the gut microbiota and its metabolite functions. Food and Chemical Toxicology. **107**:530-539.

Bobrová Z. 2008. Umělá sladidla a jejich bezpečnost. Edukafarm. Praha. Available from: <http://www.edukafarm.cz/data/soubory/casopisy/2/069-072-sladidla-lekarnik.pdf> (accessed March 2019).

Bozoglan BK, Tunc S, Duman O. 2014. Investigation of neohesperidin dihydrochalcone binding to human serum albumin by spectroscopic methods. Journal of Luminescence. **155**:198-204.

Braune A, Engst W, Blaut M. 2005. Degradation of Neohesperidin Dihydrochalcone by Human Intestinal Bacteria. Journal of Agricultural and Food Chem. **53**:1782- 1790.

Brusick DJ. 2008. A critical review of the genetic toxicity of steviol and steviosid. Food and Chemical Toxicology. **46**:83-91.

Carbonell-Capella JM, Buniowski M, Esteve MJ, Frígola A. 2015. Effect of *Stevia rebaudiana* addition on bioaccessibility of bioactive compounds and antioxidant activity of beverages based on exotic fruits mixed with oat following simulated human digestion. Food Chemistry. **184**:122–130.

Carocho M, Morales P, Ferreira ICFR. 2017. Sweeteners as food additives in the XXI century: A review of what is known, and what is to come. *Food and Chemical Toxicology*. **107**:302–317.

Clifford J, Maloney K. 2016. Sugar and Sweeteners. *Food and Nutrition Series / Health*. Available from https://dspace.library.colostate.edu/bitstream/handle/10217/183589/AEXT_093012016.pdf?sequence=1 (Accessed March 2019).

Cock P, Makinen K, Honkala E, Saag M, Kennepohl E, Eapen A. 2016. Erythritol Is More Effective Than Xylitol and Sorbitol in Managing Oral Health Endpoints. *International Journal of Dentistry*. **2016**:1-15.

Coelho AG, Pereire de Jesus D. 2016. A simple method for determination of erythritol, maltitol, xylitol, and sorbitol in sugar-free chocolates by capillary electrophoresis with capacitively coupled contactless conductivity detection. *Electrophoresis*. **37**:2986-2991.

Čopíková J, Lapčík O, Uher M, Moravcová J, Drašar P. 2006. Cukerné nesacharosová sladidla a příbuzné látky. *Chemické listy*. **100**:778-783.

Čopíková J, Moravcová J, Wimmer Z, Opletal L, Lapčík Z, Drašar P. 2013. Náhradní sladidla. *Chemické listy*. **107**:867-874.

ČSN EN ISO 13299 (560054). 2018. Senzorická analýza – Metodologie – Obecný návod pro vytvoření senzorického profilu. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

ČSN ISO 8587 (560033). 2008. Senzorická analýza – Metodologie – Pořadová zkouška. Český normalizační institut.

Daly K, Darby AC, Shirazi-Beechey SP. 2016. Low calorie sweetener and gut microbiota. *Physiology a Behavior*. **164**:494-500.

Dong Q, Wang Y, Wen J, Huang M, Yuan E, Zheng J. 2017. Inclusion complex of neohesperidin dihydrochalcone and glucosyl- β -cyclodextrin: Synthesis, characterization, and bitter masking properties in aqueous solutions. *Journal of Molecular Liquids*. **241**:926-933.

Donne C, Mistura L, Gosciniy S, Janvier S, Cuypers K, D'Addezio L, Sette S, Catasta G, Ferrari M, Piccinelli R, Van Loco J, Turrini A. 2017. Assessment of dietary intake of 10 intense sweeteners by the Italian population. *Food and Chemical Toxicology*. **102**:186 – 197.

Drewnowski A, Mennella JA, Johnson SL, Bellisle F. 2012. Sweetness and Food Preference. *The Journal of Nutrition*. **142**:1142S–1148S.

Edwards CH, Rossi M, Corpe ChP, Butterworth PJ, Ellis PR. 2016. The role of sugar and sweeteners in food, diet and health: Alternatives for the future. *Trends in Food Science & Technology*. **56**:158 – 166.

EFSA. 2008. Směrnice komise 2008/60ES ze dne 17. června 2008, kterou se stanoví specifická kritéria pro čistotu náhradních sladidel pro použití v potravinách. *OJ L* **158**:17– 40.

EFSA. 2010. Směrnice komise 2010/37/EU ze dne 17. června 2010, kterou se mění směrnice 2008/60/ES, kterou se stanoví specifická kritéria pro čistotu náhradních sladidel. *Úřední věstník Evropské unie*. *OJ L* **152**:12-13.

EFSA. 2013. Scientific Opinion on the re-evaluation of aspartame (E 951) as a food additive. EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources addend to Food (ANS). *EFSA Journal*. Italy. **11**:3496.

EFSA. 2014. Nařízení komise (EU) č. 497/2014 ze dne 14. května 2014, kterým se mění příloha II nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 a příloha nařízení Komise (EU) č. 231/2012, pokud jde o použití advantamu jako sladidla. *Úřední věstník Evropské unie*. *OJ L* **143**:6-13.

EFSA. 2017. Statement on the validity of the conclusions of a mouse carcinogenicity study on sucralose (E 955) performed by the Ramazzini Institute. *EFSA Journal*. **15**:4784.

EFSA. 2018. Safety of the proposed amendment of the specifications of the food additive steviol glycosides (E 960) EFSA Journal. Available from <https://efsa-onlinelibrary-wiley-com.infozdroje.czu.cz/doi/pdf/10.2903/j.efsa.2018.5236> (accessed March 2019).

EU. 2008. Nařízení evropského parlamentu a rady (ES) č. 1333/2008 ze dne 16. prosince 2008 o potravinářských přídatných látkách. Pages 16-33 in Úřední věstník Evropské unie, L 354. EU.

European association of polyol producers. 2019. Food. Available from <http://polyols-eu.org/legislation/food/> (accessed March 2019)

Fantino M, Fantino A, Matray M, Mistretta F. 2016. Beverages containing low energy sweeteners do not differ from water in their effects on appetite, energy intake and food choices in healthy, non-obese French adults. *Appetite*. **125**:557–565.

Firsov A, Shaloiko L, Kozlov O, Vinokurov L, Vainstein A, Dolgov S. 2016. Purification and characterization of recombinant supersweet protein thaumatin II from tomato fruit. *Protein Expression and Purification*. **123**:1-5.

Franz MJ, Powers MA, Leontos C, Holzmeister LA, Kulkarni K, Monk A, Wedel N, Gradwell E. 2010. The evidence for Medical Nutrition Therapy for Type 1 and Type 2 Diabetes in Adults. *Journal of the American Dietetic Association*. **110**:1852 – 1889.

Gabrovská D, Chýlková M. 2017. Sladká fakta o cukrech a sladidlech aneb čím si osladit život. Potravinářská komora ČR. Česká technologická platforma pro potraviny, Praha.

Garavaglia MB, García VB, Zapata ME, Roviroso A, González V, Marcó FF, Carmuega E. 2018. Non-nutritive sweeteners: children and adolescent consumption and food sources. *Arch Argent Pediatr*. **116**:186-191.

Gardner Ch, Wylie-Rosett J, Gidding SS, Steffen LM, Johnston RK, Lichtenstein AH. 2012. Nonnutritive sweeteners: Current Use and Health Perspectives. *Circulation*. **126**:506 – 519.

Glória MBA. 2003a. Aspartame. Pages 332-338 in Caballero B, editor. Encyclopedia of Food Science and Nutrition. Second Edition. Academic Press, USA.

Glória MBA. 2003b. Sweeteners. Pages 5696-5702 in Caballero B, editor. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. Second Edition. Academic Press, USA.

Goel A, Gajula K, Gupta R, Rai B. 2018. In-silico prediction of sweetness using structure-activity relationship models. Food chemistry. **253**:127-131.

Grembecka M. 2015. Sugar alcohols- their role in the modern World of sweeteners: a review. Eur. Food Res. Technol. **241**:1–14.

Grenby TH. 1996. Advances in Sweeteners. Blackie academic & professional. New York.

Gupta E, Purwar S, Sundaram S, Tripathi P, Rai G. 2016. Stevioside and Rebaudioside A – Predominant Ent-Kaurene Diterpene Glycosides of Therapeutic Potential: a Review. **34**:281-299.

Chi L, Bian X, Gao B, Tu P, Lai Y, Ru H, Lu K. 2018. Effects of the Artificial Sweetener Neotame on the Gut Microbiome and Fecal Metabolites in Mice. Molecules. **23**:367.

Choi J, Yoon B, Lee S, Hwang J, Ryang R. 2007. Antioxidant Properties of Neohesperidin dihydrochalcone: Inhibition of Hypochlorous Acid-Induced DNA Strand Breakage, Protein Degradation, and Cell Death. Biol.Pharm.Bull. **30**:324-330.

Choudhary AK, Lee YY. 2017. Neurophysiological symptoms and aspartame: What is the connection? Nutritional Neuroscience. **21**:306-316.

Johnston CA, Stevens B, Foreyet JP. 2013. The Role of Low-calorie Sweeteners in Diabetes. European Endocrinology. **9**:92–98.

Karunathilaka SR, Yakes BJ, Farris S, Michael TJ, He K., Chung JK, Shah R, Mossoba MM. 2018. Quantitation of Saccharin and Cyclamate in Tabletop Formulations by Portable Raman

and NIR Spectrometers in Combination with Partial Least Squares Regression. *Food Analytical Methods*. **11**:969-979.

Kendig MD, Fu MX, Rehn S, Martire SI, Boakes RA, Rooney KB. 2018. Metabolic and cognitive improvement from switching to saccharin or water following chronic consumption by female rats of 10 % sucrose solution. *Physiology a Behavior*. **188**:162–172.

Krasina IB, Tarasenko NA. 2016. Feature of a Chemical Composition of Dry Leaves of Stevia rebaudiana. *Oriental Journal of Chemistry*. **32**:1171-1180

Lean MEJ, Hankey CR. 2004. Aspartame and its effects on health. *BMJ*. **329**:755-756.

Li J, Liu Y, Liu Q, Hui J, Liu Y. 2017. On-cartridge derivatisation using matrix solid phase dispersion for the determination of cyclamate in foods. *Analytica Chimica Acta*. **972**:46-53.

Li S, Geng J, Wu G, Gao X, Fu Y, Ren H. 2018. Removal of artificial sweeteners and their effects on microbial communities in sequencing batch reactors. *Scientific Reports*. **8**.

Lohner S, Toews I, Meerpohl JJ. 2017. Health outcomes of non-nutritive sweeteners: analysis of the research landscape. *Nutrition Journal*. **16**.

Magnuson BA, Carakostas MC, Moore NH, Poulos S, Renwick AG. 2016. Biological fate of low-calorie sweeteners. *Nutrition reviews*. **74**:670-689.

Malý M. 2007. Pohled statistika na hodnocení studií. Státní zdravotní ústav. Available from http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/zdrav_stav/konzultak_07/hodnoc_maly.pdf (accessed March 2019).

Martin VT, Vij B. 2016. Diet and Headache: Part 1. American Headache Society, USA. Available from <https://static1.squarespace.com/static/54d50ceee4b05797b34869cf/t/581905b52e69cfd82f765fef/1478034870097/Migraine+1.pdf> (accessed March 2019)

- Martyn D, Darch M, Roberts A, Lee AY, Tian TY, Kaburagi N, Belmar P. 2018. Low-/No-Calorie Sweeteners: A Review of Global Intakes. *Nutrients*. **10**:1-39.
- Masuda T, Ide N, Ohta K, Kitabatake N. 2010. High-yield secretion of the recombinant sweet-tasting protein thaumatin I. *Food Science and Biotechnology*. **16**:585-592.
- Mattes RD, Popkin BM. 2009. Nonnutritive sweetener consumption in humus: effect on appetite and food intake and their stative mechanism. *The American Journal of Clinical Nutrition*. **89**:1 – 14.
- Meni ACS, Swithers SE, Rother KI. 2015. Positive association between artificially sweetened beverage consumption and incidence of diabetes. *Diabetologia*. **58**:2455 – 2456.
- Miller R. 2015. Could low-calorie sweeteners be contributing to the diabetes epidemic. *Nutrition Bulletin*. **40**.
- Ministerstvo zemědělství. 2003. Vyhláška č. 76/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony. Page 2470 in *Sbírka zákonů České Republiky*, částka 32. Česká republika.
- Ministerstvo zemědělství. 2005. Vyhláška č. 43/2005 Sb., kterou se mění vyhláška č. 76/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony. Page 298 in *Sbírka zákonů České Republiky*, částka 10. Česká republika.
- Mitchell H. 2006. *Sweeteners and sugar alternatives in food technology*. Blackwell publishig, Ames, Iowa.
- Mrkvička T, Petrášková V. 2006. *Úvod do statistiky*. Jihočeská univerzita, České Budějovice.
- Navrátilová Z. 2015. Stevia rebaudiana- přírodní nekalorické sladidlo. *Fytoterapie*. **11**:217-218.

- Nabors L. 2001. *Alternative Sweeteners*. 3 rd. Ed. Marcel Dekker, New York.
- Otabe A, Fujieda T, Masuyama T, Ubukata K, Lee C. 2011a. Advantame- An overview of the toxicity data. *Food and Chemical Toxicology*. **49**:S2-S7.
- Otabe A, Fujieda T, Masuyama T. 2011b. Chronic oral toxicity of (N-[N-[3-(3-hydroxy-4-methoxyphenyl) propyl]- α -aspartyl]-L-phenylalanin 1-methyl ester, monohydrate (advantame) in dog. *Food and Chemical Toxicology*. **49**:49-59.
- Otabe A, Ohta F, Takumi A, Lynch B. 2018. Mutagenicity and genotoxicity studies of aspartame. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. Doi: 10.1016/j.yrtph.2018.01.023
- Panagiotou Ch, Mihilidou Ch, Brauhli G, Katsarou O, Moutsatsou P. 2018. Effect of steviol, steviol glycosides and stevia extract on glucocorticoid receptor signaling in normal and cancer blood cells. *Molecular and Cellular Endocrinology*. **460**:189-199.
- Pepino MY. 2015. Metabolic effects of non-nutritive sweeteners. *Physiology & Behavior*. **152**:450–455.
- Raben A, Vasilaras TH, Molle ACh, Astrup A. 2002. Sucrose compared with artificial sweeteners: different effects on ad libitum food intake and body weight after 10 wk of supplementation in overweight subjects. *The American Journal of Clinical Nutrition*. **76**:721-729.
- Račická E. 2012. Náhradní sladidla, jejich místo v současné diabetologii. *Interní medicína*. **14**:331-335.
- Razak FA, Baharuddin BA, Akbar EFM, Norizan AH, Ibrahim NF, Musa Y. 2017. Alternative sweeteners influence the biomass of oral biofilm. *Archives of Oral Biology*. **80**: 180–184.
- Regnat K, Mach RL, Mach-Aigner AR. 2018. Erythritol as sweetener-wherefrom and whereto? *Applied Microbiology and Biotechnology*. **102**:587-595.

Renwick AG. 1986. The metabolism of intense sweeteners. *Xenobiotica*. **16**:1057-1071.

Ritu M, Nandini J. 2016. Nutritional composition of *Stevia rebaudina*, a sweet herb, and its hypoglycaemic and hypolipidaemic effect on patients with non-insulin dependent diabetes mellitus. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **96**:4231-4234.

Rogers PJ, Hogenkamp PS, Graaf C, Higgs S, Lluch A, Ness AR, Penfold C, Perry R, Putz P, Yeomans MR, Mela DJ. 2016. Does low-energy sweeteners consumption affect energy intake and body weight: A systematic review, including meta-analyses, of the evidence from human and animal studies. *International Journal of Obesity*. **40**:381–394.

Rother KI, Conway EM, Sylvetsky AC. 2018. How Non-nutritive Sweeteners Influence Hormones and Health. *Trends in Endocrinology & Metabolism*. **29**:455–467.

Rzechonek DA, Dobrowolski A, Rymowicz W, Mironczuk AM. 2017. Recent advances in biological production of erythritol. *Critical Reviews in Biotechnology*. **38**:620–633.

Sclafani A, Abrams M. 1986. Rats show only a weak preference for the artificial sweetener aspartame. *Physiology & Behavior*. **37**:253–256.

Sclafani A, Ackroff K. 2015. Advantame Sweetener Preferences in C57BL/6J Mice and Sprague-Dawley Rats. *Chem. Senses*. **40**:181-186.

Sclafani A, Bahrani M, Zukerman S, Ackroff K. 2010. Stevia and Saccharin Preferences in Rats and Mice. *Chemical senses*. **35**:433–443.

Sclafani A, Clare A. 2004. Female Rats show a Bimodal Preference Response to the Artificial Sweetener Sucralose. *Chemical Senses*. **29**:523–528.

Seferidi P, Millett C, Lavery AA. 2017. Sweetened beverage intake in association to energy and sugar consumption and cardiometabolic markers in children. *Pediatric Obesity*. **13**.

Serra-Majem L, Bassas L, García-Glosas R, Ribas L, Inglés C, Casals I, Saavedra P, Renwick AG. 2010. Cyclamate intake and cyclohexylamine excretion are not related to male fertility in humus. *Food Additives a Contaminants*. **20**:1097-1104.

Shi Q, Song X, Fu J, Su Ch, Xia X, Song E, Song Y. 2015. Artificial sweetener neohesperidin dihydrochalcone showed antioxidative, anti-inflammatory and anti-apoptosis effects against paraquat-induced liver Indry in mice. *International Immunoparmacology*. **29**:722-729.

Schiffman S, Rother KI. 2013. Sucralose, A Synthetic Organochlorine Sweetener: Overview of Biological Issues. *Journal od Toxicology and Enviromental Helth. Part B, Critical Reviews*. **16**:399-451.

Soffritti M, Padovani M, Tibaldi E, Falcioni L, Manservisi F, Lauriola M, Belpogi F. 2016. Sucralose administered in feed, beginning prenatally through lifespan, induces hematopoietic neoplasia in male miss mice. *International Journal od Occupational and Enviromental Health*. **22**:7–17.

Swithers SE. 2015. Artificial sweeteners are not anter to childhood obesity. *Appetite*. **93**:85-90

Swithers SE. 2016. Not-so-healthy-sugar substitutes? *Current Opinion in Behavioral Sciences*. **9**:106-110.

Takayama S, Renwick AG, Johansson SL, Thorgeirsson UP, Tsutsumi M, Dalgard DW, Sieber SM. 2000. Long-Term Toxicity and Carcinogenicity Study of Cyclamate in Nonhuman Primates. *Toxicological science*. **53**:33–39.

Tey SL, Salleh NB, Henry J, Forde CG. 2017. Effects of aspartame-, monk fruit-, stevia- and sucrose- sweetened bevarages on postprandial glukose, insulin and energy intake. *International Journal of Obesity*. **41**:450–457.

Tschannen MP, Gluck U, Bircher AJ, Heijnen I, Pletscher C. 2017. Thaumatin and gum arabic Alleny in chewing gum faktory workers. *American Journal of Industrial Medicine*. **60**.

Uebanso T, Ohniski A, Kitayama R, Yoshimoto A, Nakahashi M, Shimohata T, Mawatari K, Takahashi A. 2017. Effects of Low-Dose Non-Caloric Sweetener Consumption on Gut Microbiota in Mice. *Nutrients*. **9**:1-11

Waalkens-Berendsen DH, Kuilman-Wahls MEM. 2004. Embryotoxicity and teratogenicity study with neohesperidin dihydrochalcone in rats. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. **40**:74-79.

Warrington S, Lee C, Otabe A, Narita T, Polnjak O, Pirags V, Krievins D. 2011. Acute and multiple-dose studies to determine the safety, tolerability, and pharmacokinetic profile of advantame in healthy volunteers. *Food and Chemical Toxicology*. **49**:77-83

Yang Q. 2010. Gain weight by „going diet?“ Artificial sweeteners and the neurobiology of sugar cravings. *Yale Journal of Biology and Medicine*. **83**:101-108.

Yoneda Y, Shimizu H, Nakashima H, Miyasaka J, Ohdoi K. 2018. Effect of Treatment with Gibberellin, Gibberellin Biosynthesis Inhibitor, and Auxin on Steviol Glycoside Content in *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Sugar Tech*. **20**:482-491.

9 Samostatné přílohy

Příloha č. 1: Vzor dotazníku

Vážený/í,

dovoluji si Vás požádat o vyplnění dotazníku, který je součástí mé diplomové práce zabývající se preferencí jednotlivých sladidel u konzumentů v České republice. Dotazník je nejprve zaměřen na stolní sladidla, která slouží jako náhražka běžného cukru. Další část je o potravinách, obsahující sladidla. Dotazník Vám zabere přibližně 5 – 10 minut.

Děkuji za Vaše názory

Lenka Trnková

1) Jaké sladidlo preferujete ke slazení nápojů nebo jídel?

Nízko- a neenergetická sladidla (např. sacharin)

Energetická sladidla (např.: sorbitol)

Cukr (sacharóza)

Jiné

2) Nakupujete stolní sladidla jako náhražku cukru?

Ano

Ne (pokračujte na otázku č.: 7)

3) Z jakého důvodu užíváte stolní sladidla? (Lze vybrat i více možností)

Ke snížení tělesné hmotnosti

Ze zdravotních důvodů, např. diabetes mellitus (cukrovka)

Ke konzervaci potravin

K pečení nebo vaření jídel

Jsou součástí zdravé výživy

Neužívám je

Jiné.....

4) V jaké formě stolní sladidla užíváte?

Tablety

Sypká směs

Tekuté sladidlo

5) Jakým stolním sladidlům dáváte přednost?

Přírodní

Umělá

Kombinace

6) Napište název stolních sladidel, které užíváte/preferujete

.....

7) Z jakého důvodu se stolním sladidlům vyhýbáte? (Lze vybrat i více možností)

Nevyhýbám

Obávám se nežádoucích účinků

Nechutnají mi

Nemám důvod je užívat

Nevím, nedokážu odpovědět

Jiné

8) Čtete etikety, zda vámi vybrané potraviny obsahují nízko- a neenergetická sladidla, tj.: „light“ potraviny nebo nápoje?

Ano

Ne

9) Konzumujete „light“ potraviny nebo nápoje?

Ano

Ne (pokračujte otázkou č.: 13)

Nevím

10) Jaké sladidlo v „light“ potravinách preferujete?

Steviol-glykosidy (stévie)

Sacharin

Aspartam

Sukralóza

Nevím

Jiné...

11) Z jakého důvodu preferujete nízko- a neenergetická sladidla v potravinách?(Lze

vybrat i více možností)

Ke snížení tělesné hmotnosti

Ze zdravotních důvodů např.: diabetes mellitus (cukrovka)

V některých produktech mi chutnají

Jsou součástí zdravé výživy

Nevím, nedokážu odpovědět

Jiné.....

12) Jaké potraviny obsahující nízko- či neenergetická sladidla konzumujete? (Lze

vybrat i více možností)

Cukrovinky

Žvýkačky

Nealkoholické nápoje

Kompoty

Jiné.....

13) Z jakého důvodu se daným produktům vyhýbáte?

Nevyhýbám

Obávám se, jejich škodlivosti

Nechutnají mi

Nevím, nedokážu odpovědět

Jiné

**14) Znáte některé z vyjmenovaných nízko- a neenergetických sladidel, pokud ano
zaškrtněte**

Aspartam

Sukralóza

Cyklamát

Neotam

Advantam

Sacharin

Acesulfam K
Steviol-glykosidy (stévie)
Neohesperdin dihydrochalkon
Thaumatococin
Erythritol

15) Znáte je i pod jejich e-kódy, tzv.: éčka?

Ano
Ne

16) Vypište, která sladidla znáte pod E-kódem.

.....

17) U následujících tvrzení týkající se NÍZKO- A NEENERGETICKÝCH SLADIDEL, vyberte jednu z možností

a) Stolní sladidla a potraviny obsahující sladidla jsou bezpečná a schválená příslušnými organizacemi

Rozhodně souhlasím Souhlasím Nedokáži posoudit Nesouhlasím Rozhodně nesouhlasím

b) Sladidla jsou nejvíce konzumována lidmi se zdravotními problémy (např. cukrovkou)

Rozhodně souhlasím Souhlasím Nedokáži posoudit Nesouhlasím Rozhodně nesouhlasím

c) Sladidla jsou konzumována jen výjimečně na rozdíl od cukrů

Rozhodně souhlasím Souhlasím Nedokáži posoudit Nesouhlasím Rozhodně nesouhlasím

18) Pohlaví

Žena
Muž

19) Věk

15-25
26-36
37-47

Více

20) Stupeň dosaženého vzdělání

Základní vzdělání

Střední odborné vzdělání s výučním listem

Střední odborné s maturitou

Vyšší odborné vzdělání

Bakalářské vzdělání

Vysokoškolské vzdělání

Vysokoškolské doktorské vzdělání

Příloha č. 2: Protokol senzorického hodnocení vybraných sladidel

1) Pořadový test (preferenční)

Provedení:

Předloženou sadu vzorků ochutnejte zleva doprava a seřaďte podle snižující se preference. Ke vzorkům se můžete libovolně vracet. Poté запиšte do tabulky, kdy na **1. místě bude vzorek s nejlepší chutí** a na posledním místě vzorek nejhorší.

Pořadí	Kód vzorku
1.(nejlepší)	
2.	
3.	
4.	
5. (nejhorší)	

Mezi vzorky 1. a 2. jsou rozdíly: velké, střední, malé, nepatrné, žádné

Mezi vzorky 1. a 3. jsou rozdíly: velké, střední, malé, nepatrné, žádné

Mezi vzorky 1. a 4. jsou rozdíly: velké, střední, malé, nepatrné, žádné

Mezi vzorky 1. a 5. jsou rozdíly: velké, střední, malé, nepatrné, žádné

Mezi vzorky 2. a 3. jsou rozdíly: velké, střední, malé, nepatrné, žádné

Mezi vzorky 2 a 4. jsou rozdíly: velké, střední, malé, nepatrné, žádné

Mezi vzorky 2. a 5. jsou rozdíly: velké, střední, malé, nepatrné, žádné

Mezi vzorky 3. a 4. jsou rozdíly: velké, střední, malé, nepatrné, žádné

Mezi vzorky 3. a 5. jsou rozdíly: velké, střední, malé, nepatrné, žádné

Mezi vzorky 4. a 5. jsou rozdíly: velké, střední, malé, nepatrné, žádné

2) senzorické hodnocení vybraných sladidel

1.

Celkový vjem chutě

Nepříjemný _____ příjemný

Intenzita sladké chutě

Slabá _____ silná

Přítomnost pachuti

Žádné _____ silné

2.

Celkový vjem chutě

Nepříjemný _____ příjemný

Intenzita sladké chutě

Slabá _____ silná

Přítomnost pachuti

Žádné _____ silné

3.

Celkový vjem chutě

Nepříjemný _____ příjemný

Intenzita sladké chutě

Slabá _____ silná

Přítomnost pachuti

Žádné _____ silné

4.

Celkový vjem chutě

Nepříjemný _____ příjemný

Intenzita sladké chutě

Slabá _____ silná

Přítomnost pachuti

Žádné _____ silné

5.

Celkový vjem chutě

Nepříjemný _____ příjemný

Intenzita sladké chutě

Slabá _____ silná

Přítomnost pachuti

Žádné _____ silné

Příloha č. 3: Kritické hodnoty Friedmanova testu pro $\alpha = 0,05$

Počet vzorků	$\alpha = 0,05$
3	5,99
4	7,82
5	9,49
6	11,07
7	12,59
8	14,07

Zdroj: Mrkvička & Petrášková 2006

10 Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Relativní sladivost jednotlivých sladidel

Tabulka č. 2: Obchodní názvy nejpoužívanějších sladidel

Tabulka č. 3: Sladidla schválená v EU a jejich označení

Tabulka č. 4: Charakteristika jednotlivých polyolů

Tabulka č. 5: Energetická hodnota sladidel v kcal/g

Tabulka č. 6: Akceptovatelné denní množství jednotlivých sladidel (mg/kg za den).

Tabulka č. 7: Pohlaví respondentů

Tabulka č. 8: Věková kategorie

Tabulka č. 9: Stupeň dosaženého vzdělání

Tabulka č. 10: Souhrn vzorků- průměr

Tabulka č. 11: Souhrn vzorků- směrodatná odchylka

Tabulka č. 12: Vyhodnocení závislosti hodnot senzorickeho parametru celkový vjem příjemnosti chuti na typu vybraných sladidel pomocí Scheffeho testu ($p = 0,95$), kdy červeně vyznačené hodnoty značí statisticky významnou průkaznost.

Tabulka č. 13: Vyhodnocení závislosti hodnot senzorickeho parametru intenzity sladké chuti na typu vybraných sladidel pomocí Scheffeho testu ($p = 0,95$), kdy červeně vyznačené hodnoty značí statisticky významnou průkaznost.

11 Seznam grafů

Graf č. 1: Pohlaví respondentů

Graf č. 2: Věková kategorie

Graf č. 3: Stupeň dosaženého vzdělání

Graf č. 4: Preferované sladidlo

Graf č. 5: Stolní sladidla

Graf č. 6: Důvod užívání stolních sladidel

Graf č. 7: Forma sladidel

Graf č. 8: Preferovaná stolní sladidla

Graf č. 9: Důvody nekonzumování stolních sladidel

Graf č. 10: Vnímání etiket

Graf č. 11: Konzumování „light“ nápojů nebo potravin

Graf č. 12: Preferované nízko- a neenergetické sladidlo

Graf č. 13: Důvody užívání potravin s nízko- a neenergetickými sladidly

Graf č. 14: Konzumované potraviny obsahující nízko- a neenergetická sladidla

Graf č. 15: Nejznámější sladidla

Graf č. 16: První tvrzení

Graf č. 17: Druhé tvrzení

Graf č. 18: Třetí tvrzení

Graf č. 19: Četnosti jednotlivých vzorků sladidel

Graf č. 20: Součet pořadí jednotlivých vzorků

Graf č. 21: Rozdíly mezi jednotlivými vzorky v %

Graf č. 22: Součty pořadí mezi jednotlivými vzorky

Graf č. 23: Průměrné hodnoty jednotlivých deskriptorů

Graf č. 24: Statistické vyhodnocení závislosti mezi jednotlivými hodnotiteli u sensorického parametru celkový vjem příjemnosti chuti na typu vybraných sladidel.

Graf č. 25: Vyhodnocení závislosti hodnot mezi jednotlivými hodnotiteli u sensorického parametru intenzita sladké chuti na typu vybraných sladidel.

12 Seznam příloh

Příloha č. 1: Vzor dotazníku

Příloha č. 2: Protokol sensorického hodnocení vybraných sladidel

Příloha č. 3: Kritické hodnoty Friedmanova testu pro $\alpha = 0,05$